

ETUDE PEDOLOGIQUE DES SOLS DE LA FERME DE L'OFFICE DE L'ELEVAGE ET DES PATURAGES DE SEDJENANE

ETUDE PRELIMINAIRE DE L'AZOTE MINERAL DANS LA REGION DES MOGODS (SEDJENANE)

Par : Essaid LABIDI

TUNIS - Septembre 1979

RAPPORT DE 2ème ANNEE D'ELEVE O.R.S.T.O.M.

SECTION DE PEDOLOGIE

- SUJET : 1) Etude pédologique des sols de la ferme de
l'Office de l'Elevage et des Pâturages de
Sedjenane.
- 2) Etude préliminaire de l'azote minéral dans
la région des Mogods (Sedjenane).

Essaïd LABIDI

Tunis, Novembre 1978 - Août 1979

P L A N

Pages

AVANT - PROPOS	1
INTRODUCTION	2
1ère Partie : ETUDE PEDOLOGIQUE DES SOLS DE LA FERME DE L'OFFICE DE L'ELEVAGE ET DES PÂTURAGES DE SEDJENANE	
A - PRESENTATION DE LA REGION	4
I - CADRE REGIONAL	4
II - ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES	4
II.1. - Population	4
II.2. - Activités principales	4
II.2.1. - Ferme de l'O.E.P.	5
II.3. - Structure foncière	6
II.3.1. - Terres privées	7
II.3.2. - Terres collectives	7
II.3.3. - Le domaine forestier	7
III - GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE	8
III.1. - Caractéristiques des grès et des argiles	8
III.1.1. - Grès	8
III.1.2. - Argiles	9
IV - MORPHOLOGIE ET RELIEF	10
V - HYDROLOGIE ET HYDROGRAPHIE	12
V.1. - L'hydrologie	12
VI - CLIMATOLOGIE	12
VI.1. - Généralités	12
VI.2. - Pluviométrie	13
VI.3. - Les vents	17

	Pages
VI.4. - La grêle	17
VI.5. - Températures	17
VII - TEMPERATURES DANS LE SOL	22
VIII - VEGETATION	23
VIII.1. - Zone naturelle	23
VIII.2. - Zone reboisée	23
VIII.3. - Zones cultivées	23
IX - EROSION	24
IX.1. - Rappels	24
IX.2. - Généralités	24
IX.3. - Principales formes d'érosion rencontrées dans la région	25
IX.3.1. - Action de l'homme	25
IX.3.2. - Action de l'eau	25
IX.3.2.1. - Ruissellement diffus	25
IX.3.2.2. - Décapage	26
IX.3.2.3. - Ravinement élémentaire	26
IX.3.2.4. - Erosion régressive	27
IX.3.3. - Action du vent	27
B - ETUDE PEDOLOGIQUE	28
I - TENDANCES PEDOGENETIQUES DES SOLS	28
I.1. - Le lessivage	28
I.2. - L'hydromorphie	28
I.3. - L'hydromorphie du type verticale	29
I.4. - La salure et l'alcalinisation	30

	Pages
II - COLLUVIONNEMENT ET ALLUVIONNEMENT	31
II.1. - Rappels	31
II.1.1. - Les alluvions	31
II.1.2. - Les colluvions	31
II.2. - Observations sur le terrain	32
II.2.1. - Les sols colluviaux	32
II.2.2. - Les sols alluviaux	32
II.2.3. - Les sols colluviaux et alluviaux	33
II.2.4. - Les sols sur sable	33
II.2.4.1. - Etude sédimentologique des sables	34
II.2.4.1.1. - But de l'étude	34
II.2.4.1.2. - Observations au binoculaire	34
II.2.4.1.2.1. - Méthodologie	34
II.2.4.1.2.2. - Comptage	34
II.2.4.1.3. - Discussion	35
III - TYPOLOGIE	36
III.1. - Introduction	36
III.2. - Classe des sols peu évolués	37
III.3. - Classe des vertisols	40
III.4. - Classe des sols brunifiés	43
III.5. - Classe des sols hydromorphes	52
IV - POSSIBILITES DE MISE EN VALEUR	58
IV.1. - Action du pH	58
IV.2. - La matière organique	58
IV.3. - L'hydromorphie	58
IV.4. - La topographie	59
IV.5. - Textures et fertilisation	60

2ème Partie : ETUDE PRELIMINAIRE DE L'AZOTE MINERAL DANS LES SOLS DE LA REGION DES MOGODS (SEDJENANE)

A - BUT DE L'ETUDE	61
B - BIBLIOGRAPHIE	62
I - INTRODUCTION	62
II - CYCLE DE L'AZOTE	62
III - MINERALISATION DE L'AZOTE ORGANIQUE	65
III.1. - Ammonification	66
III.1.1. - Devenir de l'azote ammoniacal dans le sol	66
III.1.1.1. - Assimilation	66
III.1.1.2. - Lessivage et volatilisation	66
III.1.1.3. - Fixation par les argiles	67
III.1.1.4. - Immobilisation sous forme organique	67
III.2. - Nitrification	67
III.2.1. - Oxydation de l'ammonium en nitrite	67
III.2.2. - Oxydation du nitrite en nitrate	68
III.2.3. - La nitrification dans le sol	68
III.2.4. - Devenir du nitrate dans le sol	69
III.3. - Dénitrification	69
III.3.1. - Etapes intermédiaires et les germes responsables	70
III.3.2. - Dénitrification dans le sol	70
IV - INTERACTION ENTRE NITRIFICATION, DENITRIFICATION ET FIXATION	71
V - RESUME	72

C - PROTOCOLE EXPERIMENTAL	73
I - GENERALITES	73
II - PLAN DE PRELEVEMENT	73
III - MATERIELS	74
IV - CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DU MATERIEL D'ETUDE	74
IV.1. - Description du profil	74
IV.2. - Données analytiques du profil	75
V - DETERMINATION DU NOMBRE (n) DE REPETITIONS	79
V.1. - Etude statistique	80
V.2. - Remarque	81
VI - METHODOLOGIE	82
VI.1. - Au laboratoire	82
VI.2. - Sur le terrain	82
VI.3. - Traitements	82
VI.3.1. - Agitation	82
VI.3.2. - Filtration	82
VII - MISE AU POINT DE LA METHODE	83
VII.1. - Réactifs d'extraction	83
VII.2. - Colorimétrie	83
VII.3. - Action des chlorures	85
VII.4. - Action des sulfates	86
VII.5. - Dosages des Ions Ca^{++}	86
VII.6. - Importance de la durée d'agitation	87
VII.7. - Importance de la durée de contact	88
VII.8. - Influence de la durée entre le bain-marie et le colorimètre	91

	Pages
VII.9. - Gamme étalon des nitrates	91
VII.9.1. - Solution mère de nitrate de potassium	91
VII.9.2. - Nouvelle gamme étalon	92
VII.9.2.1. - Remarques	92
VII.9.3. - Test de reproductibilité du colorimètre	94
VII.10 - Gamme étalon des ions nitrates	97
VII.10.1. - Solution mère	97
VII.10.2. - Solution fille	97
VII.10.3. - Gamme étalon	97
VII.10.4. - Reproductibilité de l'appareil de mesure	97
VII.11. - Choix de la sensibilité du colorimètre	100
VII.12. - Principes des dosages	100
VII.12.1. - Dosage de l'azote ammoniacal	100
VII.12.1.1. - Réactifs nécessaires	100
VII.12.1.2. - Dosages	101
VII.12.1.3. - Remarques	103
VII.12.2. - Dosage de l'azote nitrique	103
VII.12.2.1. - Réactifs nécessaires	103
VII.12.2.2. - Dosage des nitrates	104
VII.12.2.3. - Remarques	105
VIII - RESULTATS ET DISCUSSION	106
IX - ETUDE DE L'EFFET DE L'ENGORGEMENT DU SOL SUR LES IONS NITRATES APPORTES A CE DERNIER SOUS FORME DE KNO_3	110
IX.1. - Matériels et méthodes	110
IX.2. - Résultats et discussions	111
X - CONCLUSION	113

CONCLUSION GENERALE	114
BIBLIOGRAPHIE	118
ANNEXE	122
- FEUILLES D'ANALYSES	

AVANT - PROPOS

Je tiens à remercier, Monsieur A. MHIRI, Docteur ès Sciences à l'I.N.A. de Tunisie, Monsieur M. DELHUMEAU, Pédologue à l'O.R.S.T.O.M., qui m'ont beaucoup encouragé et m'ont aidé à mener à bien la réalisation de ce travail et la rédaction de ce mémoire, surtout en ce qui concerne l'interprétation des résultats.

Je les remercie aussi d'avoir su trouver un temps précieux, malgré leurs préoccupations respectives, pour discuter tout au long de l'année de mon travail tant sur le plan pratique que sur le plan des analyses au laboratoire.

Je remercie vivement Monsieur K. BELKHODJA, Directeur de l'I.N.A.T., de m'avoir encouragé à faire ce travail.

Je remercie également Monsieur A. SOUISSI, pour les facilités matérielles qu'il a mises à ma disposition pour l'édition de ce document.

Je ne saurais oublier Monsieur J. SUSINI, qui m'a initié aux méthodes analytiques et à l'utilisation des appareils de laboratoire. Ses critiques m'ont été fort précieuses d'autant plus qu'elles s'appuyèrent sur sa grande expérience de laboratoire.

Je remercie solennellement, Monsieur H. RHALEM, pour les facilités qu'il m'a accordées tant sur le plan hébergement, que sur le plan des déplacements sur le terrain au cours de la prospection. Je le remercie encore pour sa sympathie envers les stagiaires.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont collaboré à la réalisation de ce mémoire, notamment Messieurs NACEUR, Nouredine BIBANI (Laboratoire - DRES), Néjib GHORBAL (Laboratoire - INAT) et Madame A. SOLTANI (ORSTOM - Tunis).

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur KTATI (INAT) pour les discussions statistiques que nous avons eues ensemble et qui étaient fort enrichissantes.

INTRODUCTION

L'année de formation pratique en pédologie que nous venons de passer sous la direction de l'Institut National Agronomique de Tunisie (I.N.A.T.) et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.), nous a permis de faire la première prospection des sols de Tunisie.

La présente étude pédologique au 1/20 000° des sols de la ferme de l'Office de l'Elevage et des Pâturages (O.E.P.), dont le protocole de travail a été arrêté avec Messieurs M. DELHUMEAU (ORSTOM) et A. MHIRI (I.N.A.T.), a pour but de préciser l'évolution des sols colluviaux, des sols alluviaux, et le type d'hydromorphie des sols du périmètre.

Cette étude vient s'ajouter à d'autres études déjà faites dans la même région : celle de M. DELHUMEAU (1973) au 1/50 000°, celle de M. EL AMAMI (1975) au 1/25 000°.

Pour la prospection, nous nous sommes servis des photos aériennes 1/12 500°, mission 1963. Cependant la délimitation des zones homogènes n'a été possible qu'après des déplacements répétés sur le terrain parce que les photos aériennes utilisées étaient prises avant le défrichement du maquis de la zone étudiée et elles ne permettaient pas donc de retrouver aisément les limites des grandes unités de sols. D'où, par endroits, la précision atteinte dans l'étude est de 1 profil tous les 5 à 10 hectares.

La région, concernée par la présente étude pédologique, se caractérise par des précipitations abondantes et irrégulières (800 à 1100 mm/an) qui entraînent chaque année des arrêts de croissance des végétaux et un jaunissement des feuilles des prairies tant annuelles que pérennes et ceci pendant la saison hivernale. Les responsables de l'O.E.P. attribuaient cela au manque d'azote et à l'engorgement des sols par l'eau de pluie. D'où l'étude que nous allons mener consiste à vérifier cette

hypothèse en dosant l'azote minéral du sol, notamment les deux formes assimilables par les plantes, l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'azote nitrique (NO_3^-) sur un vertisol modal (profil n° 1).

Dans ce mémoire, nous exposons :

- Dans une première partie : la présentation de la région, les tendances pédogénétiques des sols, la description des sols rencontrés et les possibilités de leur mise en valeur.
- Dans une deuxième partie : une étude préliminaire de l'azote minéral dans la région de Sedjenane et la mise au point de la méthode de l'extraction des ions dosés.
- Seront joints également à ce rapport, une carte des profils, des textures, des fiches d'analyses et les résultats d'une étude de l' N-NH_4^+ et l' N-NO_3^- sur le même vertisol de la ferme, mais incubé au laboratoire à des différentes températures (5, 10 et 15°C).

PREMIERE PARTIE

=====

A - PRESENTATION DE LA REGION

=====

I - CADRE REGIONAL

La région de Sedjenane, située au Nord de la Tunisie, fait partie de la grande unité structurale Khroumirie-Mogods. L'unité possède une structure complexe de type "Flysch", recouverte de dépôts colluviaux.

La région est caractérisée principalement par des roches non calcaires, on y trouve des grès acides, des argiles acides et des argiles faiblement calcaires.

C'est la seule région de Tunisie qui bénéficie d'un climat méditerranéen subhumide. La surface agricole totale est de 77.000 ha.

II - ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

11.1. - Population

La population totale de la délégation de Sedjenane compte près de 31.000 habitants au recensement 1978. En 1970, elle était de 26.000 habitants, soit un accroissement annuel moyen de 0,4 % contre 2,3 % pour l'ensemble du pays (C.N.E.A.). La densité moyenne est de 40 habitants /km². Elle paraît élevée comparée à la moyenne nationale (36 hab./km²).

Cette population se caractérise par une forte proportion de jeunes, 40 % de la population ont moins de 15 ans. La population active est de 10.000 personnes, soit 30 % de la population totale.

La région souffre d'une irrégularité de l'emploi, 3000 jeunes âgés de plus de 20 ans ont un emploi.

11.2. - Activités principales

La présence d'une importante forêt assurant une large part des revenus implique une grande dispersion de la population qui vit de l'élevage et d'une agriculture de subsistance. La seule culture industrielle est le tabac.

11.2.1. - Ferme de l'O.E.P.

Cette vocation pastorale de la région a conduit à l'implantation de la ferme de l'Office de l'Elevage et des Pâturages (O.E.P.). Après quelques années de mise au point des techniques, cette ferme joue un rôle considérable sur la fixation des habitants et surtout des jeunes qui trouvent dans ce projet un emploi permanent et souvent des emplois temporaires.

Le nombre de journées d'emploi pour les ouvriers occasionnels est de 50.000 journées de travail/an. L'examen du tableau ci-dessous justifie l'importance de l'implantation de tel projet dans la région Khroumirie-Mogods.

Domaine	1973	1978
Ferme pilote	50 ouvriers	56 ouvriers
Ferme Aouana	22 "	22 "
Ouvriers de l'étable	-	49 "
" permanents	-	137 "
" occasionnels	-	50.000 j. travail
Cadres administratifs	4	13
" techniques	7	30 techniciens

On note l'évolution du projet par le nombre considérable d'emplois offerts en l'espace de 5 ans. Parmi le cadre administratif et technique 85 % sont de la région. De telles actions sociales ont contribué énormément à réduire l'exode vers les grandes villes et l'émigration des jeunes.

La population est encouragée pour rester dans la région par les offres gratuites de matériaux de construction pour qu'elle puisse construire des maisons en dur.

De telles actions sont capitales. En effet, les jeunes lycéens et universitaires en retournant dans leur domicile réciproque, pendant les vacances, ne se trouvent plus dépaysés.

Les techniciens de l'O.E.P. n'épargnent aucun effort pour être aux côtés des grands et surtout des petits agriculteurs, et ceci malgré la réticence de plusieurs exploitants. Cependant il faut beaucoup de patience et de persévérance pour pouvoir faire comprendre et montrer l'efficacité d'un tel projet. Néanmoins, on peut dire que la vulgarisation a bien démarré dans la région de Sedjenane grâce aux efforts conjugués des techniciens et des autorités locales. Devant tout agriculteur, le vulgarisateur doit avant tout laisser parler l'intéressé puis intervenir, comme dit la citation suivante :

" La vraie vulgarisation consiste à dire au paysan, je n'ai pas de vérité, tu ne la connais pas non plus, alors cherchons ensemble. Notions de solidarité devant la difficulté, patience, d'observation".

D'autres activités sociales absorbent une main d'oeuvre considérable : - la forêt

- les mines de Haddada et Tamera

- la Société Apicole de Sedjenane (S.A.S.).

11.3. - Structure foncière

Toutes les difficultés de mise en valeur et l'extension du projet viennent de ce facteur foncier qui est trop complexe d'une part, et du manque de bon sens des ayants droits d'autre part.

Cette situation foncière à Sedjenane se caractérise par l'existence de plusieurs statuts fonciers, comme le montre le tableau suivant :

Distribution	Surface ha	Pourcentage
Terres forestières	35.425	45,6
Terres collectives	15.400	19,8
" privées non titrées	14.457	18,7
" domaniales	6.761	8,7
" privées titrées	3.674	4,7
" mixtes	1.923	2,5
T O T A L	77.611	100

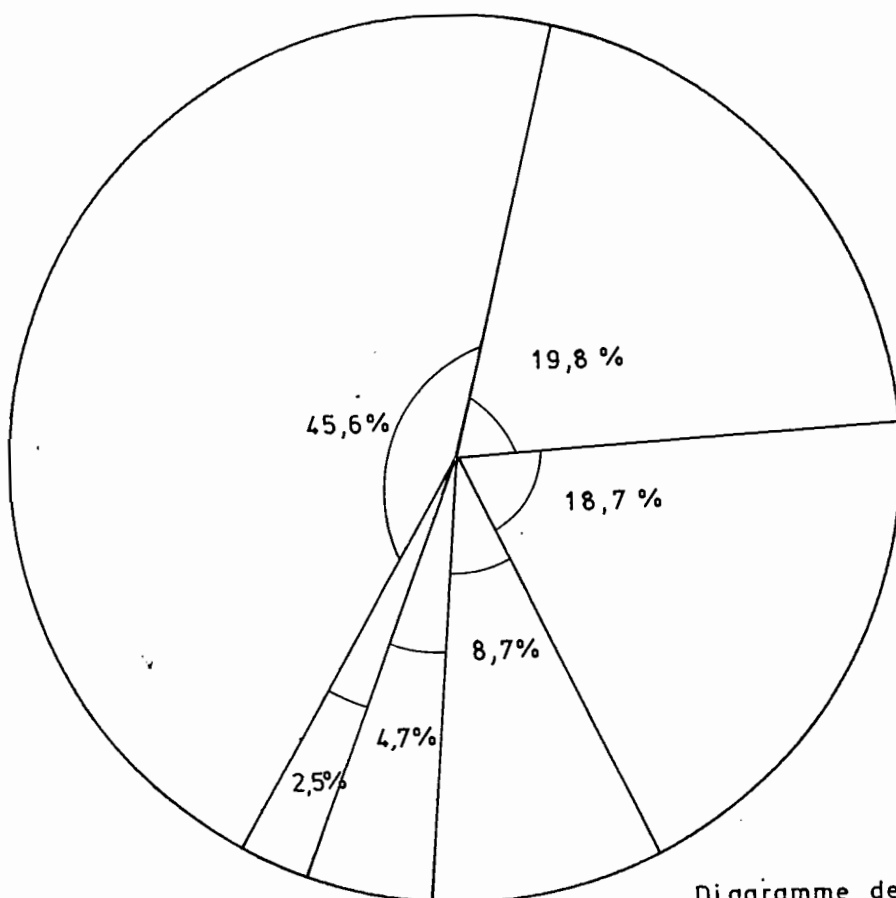


Diagramme de BRIKMANN

11.3.1. - Terres privées

Couvertes à l'origine par la structure traditionnelle des henchirs, elles ont subi des mutations profondes sous l'effet de la pression démographique, de la mécanisation et du décret de 1957 abolissant les habous mixtes et privés.

La privatisation de fait des terres et la matérialisation des limites des parcelles sont des processus en cours d'assainissement quoique l'immatriculation soit rare. Grâce aux efforts déployés par les affaires foncières et les autorités locales (techniques et administratives) il n'y a presque plus de conflits entre héritiers.

11.3.2. - Terres collectives

Elles sont pratiquement limitées aux parcours et à quelques parcelles qui restent soumises à l'indivision.

11.3.3. - Le domaine forestier

Il occupe près de 45,5 % de la superficie totale de la région. Les groupements humains vivants à la lisière des forêts et les occupants illégaux des clairières et des piedmonts défrichés, relèvent également du domaine forestier. Ceci n'empêche que la plupart des habitants travaillent, en tant qu'ouvriers permanents ou occasionnels dans le projet.

III - GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

Les roches affleurantes dans la zone que nous avons cartographiée, sont celles qui caractérisent les Mogods d'une façon générale.

La série stratigraphique normale, depuis le Sénonien jusqu'au Quaternaire, comprend de bas en haut les unités lithologiques suivantes (N. CRAMPON, 1970) :

- Grès de Khroumirie - Mogods ou Flysch Numidien
- Le quaternaire comprend :
 - * la formation argilo-détritique rubéfiée, ensemble conglomératique à passées sableuses et argileuses (Villafranchien ou Sicilien).
 - * Des formations récentes ou actuelles diverses (alluvions, dunes, éboulis, etc...).

Ces formations récentes ou actuelles diverses (essentiellement alluvions) sont très représentées sur les terrasses et les vallées des oueds. Dans la zone cartographiée, il y a environ la moitié des sols qui sont formés sur ces matériaux récents (alluvions).

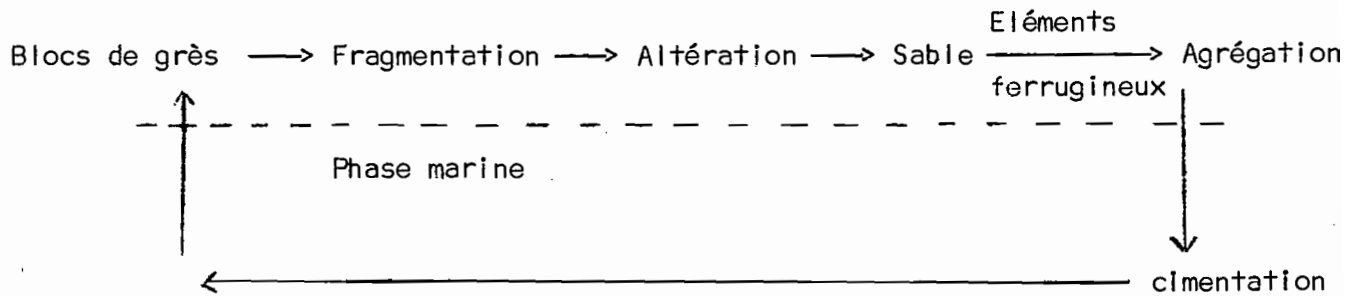
L'unité lithologique concernée par le présent mémoire est celle du Flysch Numidien (Oligocène). Celui-ci est un ensemble d'assises argileuses et gréseuses alternées, et est caractérisée par l'abondance des éléments détritiques souvent très grossiers à grès de Numidie en alternance avec les argiles et grès medjaniens (M. DELHUMEAU, 1973).

III.1. - Caractéristiques des grès et des argiles

III.1.1. - Grès

Ils sont caractérisés par une texture très variable et hétérogène, généralement grossière. On peut rencontrer la forme conglomératique poudinguiforme avec des dragées de quartz. Les bancs de grès sont d'une dureté variable, mais dans l'ensemble, ils sont durs à très durs. Dans le secteur concerné, les grès sont en phase de désagrégation et altération poussée, et ils finissent par donner des sables grossiers et des sables fins.

Par place, dans quelques profils, on retrouve ces sables en phase d'induration, et on a décelé qu'à partir de 60/80 cm, un phénomène d'induration des horizons sous-jacents, vu le battement important des nappes temporaires que connaît la région. On peut schématiser l'évolution et le cycle des grès comme suit :



III.1.2. - Argiles

Elles sont de teinte gris clair à gris beige et sont finement litées. Elles sont caractérisées par une structure lamellaire grossière à plaquettes moyennes à fines et par une texture fine.

- Argiles calcaires : Elles sont légèrement teintées de vert, souvent sur fond jaune pâle et faiblement carbonatées (de l'ordre de 7 % de CaCO_3 en moyenne, cité par LE COQ). Ces argiles présentent dans le secteur un affleurement étendu en bordure de la Garaa de Sedjenane, quelques versants et bas de pente. On y trouve des bancs de grès, quelquefois des filons de calcite et rarement des poches de gypse qui accompagnent souvent, dans la zone, les argiles calcaires.

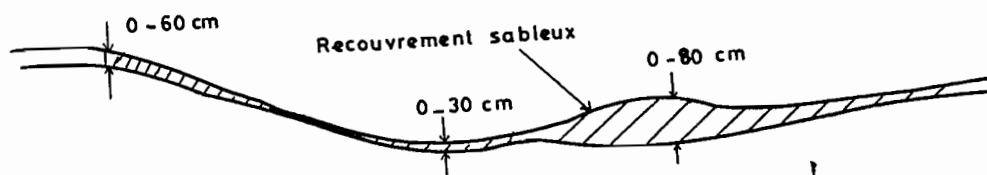
L'orientation héritée de la paléogéographie s'est précisée définitivement au Miocène et elle est actuellement S.W./N.E. Cette structure géologique explique que le relief est très accidenté, bien que les altitudes absolues sont peu élevées (280 m le point le plus élevé).

IV - MORPHOLOGIE ET RELIEF

La forme du relief a été déterminée par l'érosion. Celle-ci a commencé par les anticlinaux et les a tronqués, et c'est la différence de résistance des matériaux (Grès et argiles) à une érosion régressive qui a donné l'aspect actuel du relief.

Ce relief se présente actuellement sous forme de crêtes formées de bancs gréseux et de couches argileuses alternés de pente générale Sud-Est/Nord-Ouest.

Du fait de la pente, souvent moyenne à forte, les vallées argileuses sont généralement recouvertes d'un colluvionnement argilo-gréseux. La richesse en sables et éléments grossiers et l'épaisseur de ce recouvrement diminue progressivement en allant des crêtes vers le fond des vallées. On signale que par place et très loin de l'aval, on retrouve des "poches" de sable d'épaisseur importante (20 - 80 cm). Alors que l'épaisseur maximum de ce colluvionnement semble dépasser rarement 2 à 3 mètres (M. DELHUMEAU et J.Y. LOYER - 1972).



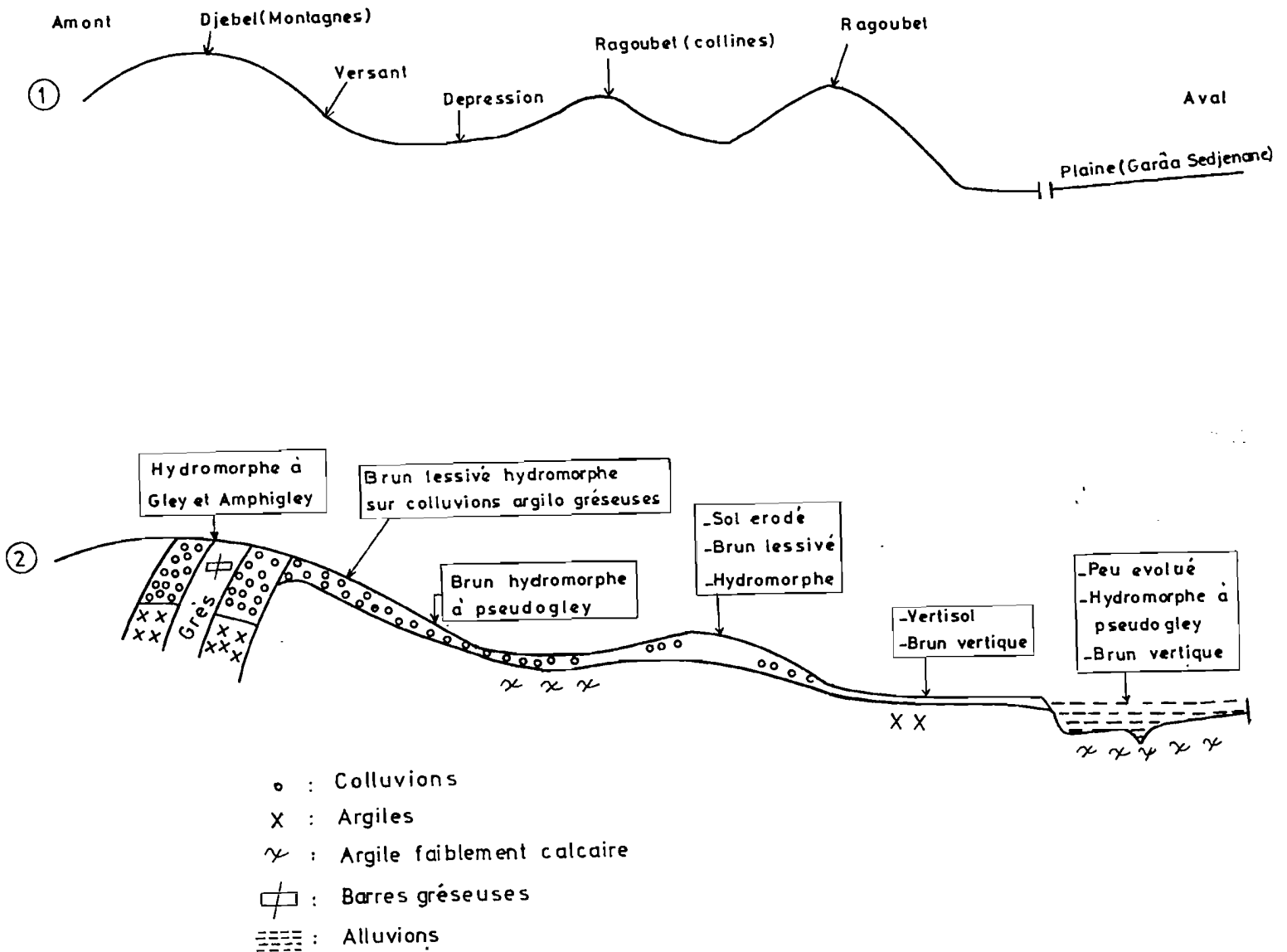
Les colluvions formées sur les versants abrupts, adoucissant les pentes de ceux-ci, peuvent atteindre facilement 30 à 40 % sur la partie Sud du Secteur (Côté des Djebels). Alors qu'entre les Djebels et les Ragoubets (collines à faible altitude), il y a apparition de dépression où affleurent généralement des argiles, le plus souvent des argiles faiblement calcaires et parfois des argiles acides.

La nature des matériaux de ces dépressions est hétérogène (cailloux de grès, sables, argiles (feuilletés - acides^{et} calcaires)), par contre celles de la plaine (Garaa de Sedjenane) constitue une zone homogène du point de vue matériaux (argile gonflante à texture fine).

Cette plaine correspond à une zone de subsidence comblée par les apports des oueds ; actuellement, elle est inondée par les affluents de l'Oued Sedjenane pendant une grande partie de l'année.

Sa faible pente (1°/100) rend le drainage difficile. Elle est cultivée à la périphérie sous forme de "cultures de décrue".

Coupe topographique schématique



L'homme par le charbonnage clandestin, par le surpâturage et par les labours fréquents et dans le sens de la pente, accentue les effets érosifs et la mise à nu de la roche-mère.

V - HYDROLOGIE ET HYDROGRAPHIE

Le réseau hydrographique est formé par une multitude de ravins dessinés à la manière de baïonnettes. Tous ces ravins se jettent dans la Garaa de Sedjenane. Ce réseau hydrographique intense, caractérise l'ensemble des régions des Kroumirie-Mogods, mais il est mobile en raison du relief jeune, et est le siège des mouvements récents et mêmes actuels (N. CRAMPON, 1970).

V.1. - L'hydrologie

Le plus important des cours d'eau est l'Oued Sedjenane : exutoire intermittent de la Garaa et de la plus grande partie du massif montagneux des Mogods, il débouche dans le lac Ichkeul. Il est alimenté par un ensemble d'affluents sur les deux rives. L'un des affluents et le plus important est l'Oued Magasbaia qui fait la limite Est du périmètre étudié.

Les risques d'inondation sont fréquents, et c'est aux mois de Janvier, Février, Mars que le débit de l'Oued Sedjenane est maximum, et il y a engorgement des sols de la plaine appelée localement "La Garaa", ce qui rend les sols de celle-ci impraticables. La pente de la Garaa est très faible 1 ‰, cependant un canal très large y a été aménagé auprès de l'ancien lit de l'Oued Sedjenane. Ce canal draine efficacement, mais pas suffisamment pour évacuer toutes les eaux de pluie et celles des affluents.

Il faudrait entretenir correctement les quelques drains latéraux existants déjà et éventuellement aménager d'autres pour mieux assainir la plaine, afin de pouvoir mettre en valeur la plaine sans souci d'asphyxie par l'eau.

VI - CLIMATOLOGIE

VI.1. - Généralités

La région du projet se situe dans l'étage bioclimatique humide et sub-humide (ANN-INRAT) à climat méditerranéen très tempéré sans grand écart de température (14°C) et où la saison de pluie est étalée sur 8 à 9 mois.

Ce climat méditerranéen est marqué par un maximum de précipitation en hiver et une saison chaude coïncidant avec la saison sèche.

VI.2. - Pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée à la station de Sedjenane sur 50 années d'observation est de 880 mm, et celle enregistrée sur 10 années (1967-1978) est de 1031,7 mm. La région se caractérise par une saison hivernale très pluvieuse et une sécheresse estivale très marquée, 90 à 98 % des pluies tombent entre les mois de Novembre et Mars, moyenne calculée sur 50 années, et entre Octobre et Avril, moyenne calculée sur 10 années (voir tableaux 1, 2). Cette concentration des pluies pendant les mois les plus pluvieux et les plus froids révèle une mauvaise répartition par rapport au cycle végétatif des cultures annuelles et surtout les cultures pérennes (prairies artificielles).

Le graphique n° 1 et les tableaux 4 et 5 montrent qu'à l'échelle de l'année, on enregistre des pluies torrentielles et érosives (grande quantité de pluie pendant quelques jours du mois : Novembre 1977 : 180 mm en 16 jours), comme on a relevé des quantités importantes de pluie par journée (59,5 mm/24 h. pendant le mois de Novembre 1978 ; tableau 5b).

Il arrive fréquemment d'avoir des mois secs suivis par des mois trop pluvieux ; ex : en décembre 1977, il a plu 37,7 mm alors qu'en Janvier 1978, il a plu 183,6 mm.

Tableau 1

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pluviométrie	43	97	116	182	147	105	72	54	39	12	13	11

Moyenne pluriannuelle sur 50 ans

Tableau 2

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pluviométrie	46	148	140	144	165,7	143	109	73	41	14	6	13

Moyenne pluriannuelle sur 10 ans

Tableau 3

Année	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Pluviométrie en mm	641,3	835,2	1058,3	1127,1	869,2	1147,5	770,5	1070,8	1010,1	933,0	854,8	1017,3
Nbre de jours de pluie	97	114	119	95	118	114	95	101	117	103	98	96

Pluviométrie annuelle et sa répartition journalière

Tableau 4

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pluviométrie en mm	5,2	26,6	180,4	37,7	183,6	131,5	105	128	42	4,5	0,8	2
Nbre de jours de pluie	3	4	16	12	14	14	12	15	5	1	1	1

Répartition pluviométrique
de la campagne agricole 1977/1978

La répartition de cette pluviométrie est très importante. On a porté sur le même graphique :

- la courbe pluviométrique moyenne annuelle représentative de l'année agricole 1977/78
- la courbe pluviométrique moyenne sur 50 années d'observations
- la courbe pluviométrique moyenne sur 10 années d'observations.

L'examen de ces courbes pluviométriques (Fig. 1) montre que les moyennes pluviométriques mensuelles croissent progressivement jusqu'à un maximum situé en Décembre (moyenne de 50 années), en Janvier (moyenne de 10 années et pluviométrie de 1977/78), pour s'infléchir par la suite jusqu'en Juillet où elles atteignent leur minimum.

La quantité de pluie récupérée chaque année dans la région de Sedjenane (Ferme de l'O.E.P.) est variable, et elle ne pourrait avoir son efficacité que si sa distribution est régulière et bien répartie dans le temps.

Sur 10 années, on a relevé 5 années dont les précipitations étaient inférieures à la moyenne sur 50 années, d'une part, et que toute cette quantité de pluie est concentrée sur une période ne dépassant pas 119 jours, d'autre part. (voir tableau 3). D'où il y a souvent risque d'érosion hydrique intense, c'est ce qui se traduit sur le terrain par les petits cours d'eau et le ravinement (voir détail érosion).

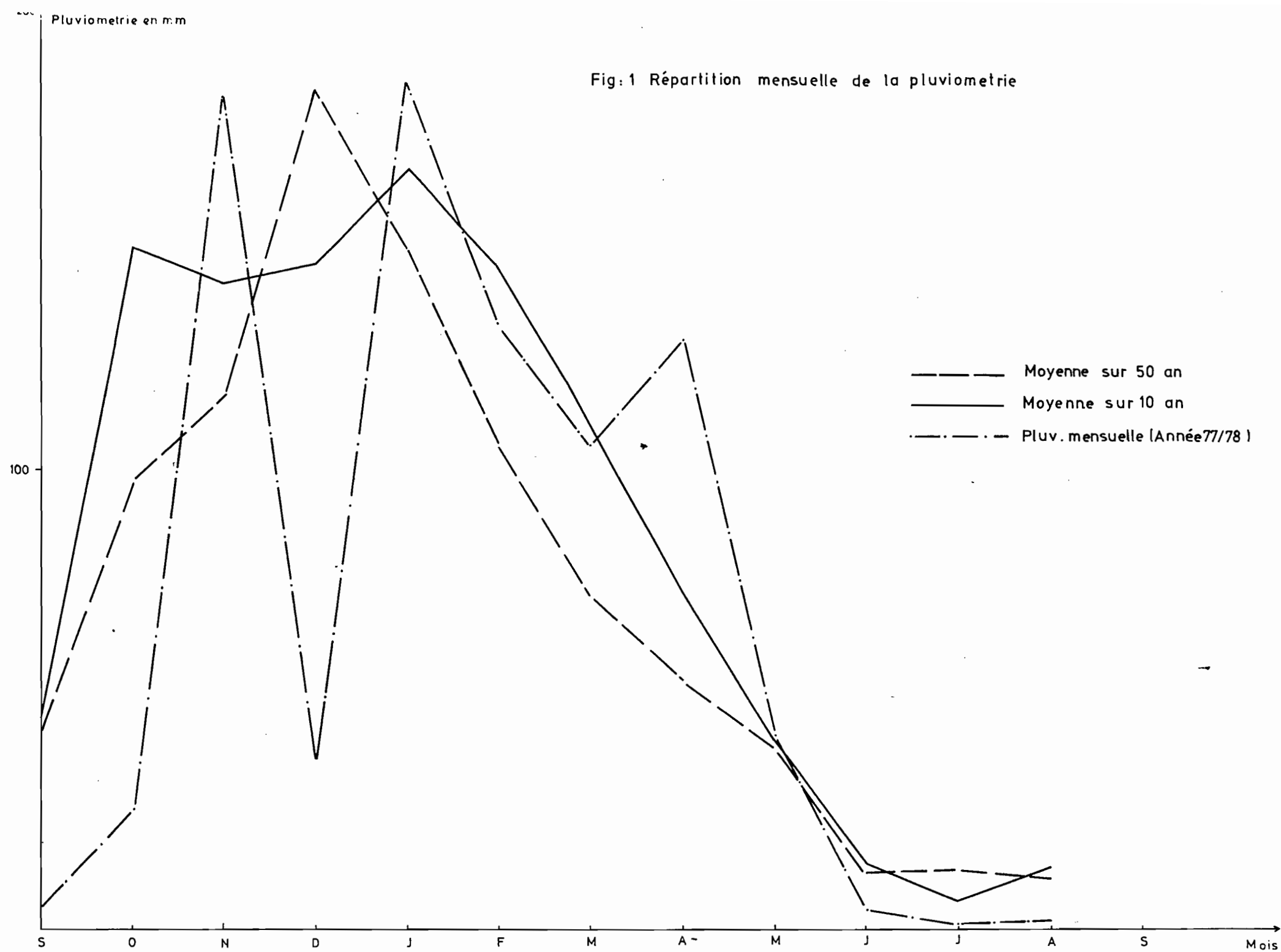
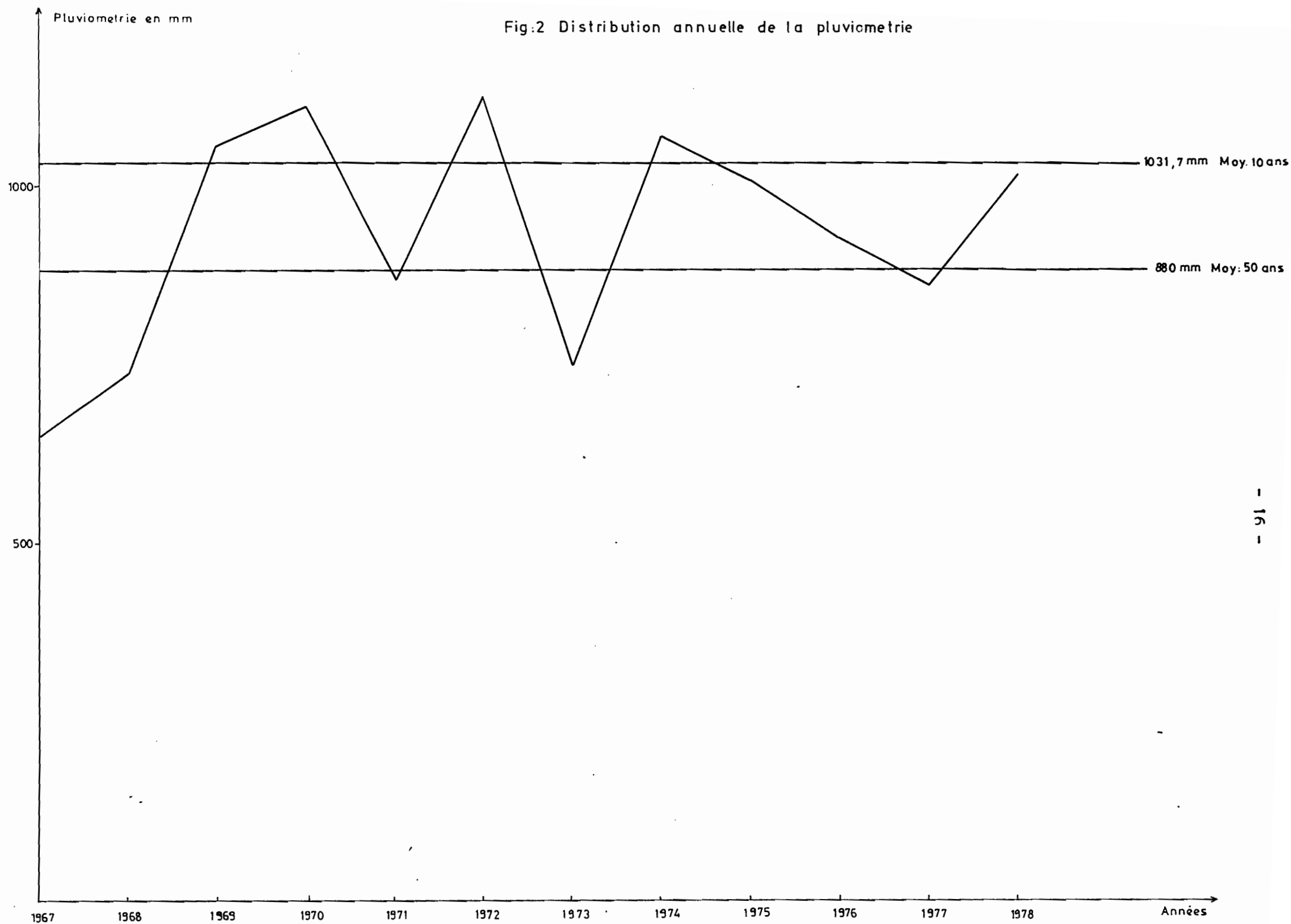


Fig:2 Distribution annuelle de la pluviometrie



Le tableau 5 confirme toutes les observations faites sur le terrain où nous avons relevé des pluies torrentielles et fort érosives.

Exemple 1 : En 1976, il est tombé, le 16, 17 et 18 du mois d'Octobre, 104,5 mm; soit le 1/8 de la pluviométrie annuelle.

Exemple 2 : En 1977, il est tombé 38 mm le 27 Novembre et 59,5 mm le 28 Novembre.

VI.3. - Les vents

La direction générale des vents est Nord-Ouest. Ils sont très fréquents et assez forts. Dans cette région, l'air est continuellement en mouvement.

VI.4. - La grêle

Elle touche la région Khroumirie-Mogods pendant les mois de Mars-Avril (en moyenne 6 jours/an) ; sauf pour l'année 1978 où il a grêlé pendant 3 jours au cours du mois de Novembre.

Dans l'ensemble, l'importance de la grêle dans la région étudiée est très négligeable.

VI.5. - Températures

Le régime thermique se caractérise par de faibles amplitudes et des hivers doux. Les moyennes des températures minimales varient de 5° à 7,2°C avec une moyenne annuelle de 17° et une température maximale de 32°C (voir tableau 6).

La température maximale est atteinte pendant les mois d'Août et Juillet. La température minimale est enregistrée pendant les mois de Janvier et Février.

Ces deux extrêmes définissent l'amplitude thermique annuelle caractérisant la continentalité du climat.

Quelques pluies torrentielles enregistrées (mm/24h.)

Tableau 5a

Année 1976

Mois jours	Janvier	Mars	Octobre	Novembre
12			14,5	
13			40,5	
14		30,5	6	14
15			7,5	7,5
16		16,5	31,5	44
17		12		56
18			45	
20			28	
26	19,5			
27	15,5			
28	22			

Année 1978

Tableau 5b

Mois jours	Janvier	Février	Mars	Avril	Novembre	Décembre
1		24	24	48		
2				16		
3						20,5
4						32,5
5						21,5
12		11				
13		30			20	
14		17			15	
19	15,5					
20	28					
21	12					
22	14					
26					34	
27					38	
28					59,5	
29	38,5				15	
30	31,5		30			
31	11,5					

Année 1979

Tableau 5c

Mois jours	Février	Avril
15	6,5	22
16	14,5	12
17	45	19
18	26	
23	11	
24	15	
25	18	

Tableau 6

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Maxi	29,2	23,8	19,6	15,2	14,4	15	16,6	19,3	24	27,5	31,8	32,6
Moy	23,5	18,3	14,8	11,6	11,0	11,0	12,4	14,6	18,4	21,4	25	25,8
Mini	17,2	13,2	10,1	7,4	7,5	7,2	8,0	10,0	10,0	15	18,2	19,2

Répartition mensuelle des températures

Pour définir la saison sèche et pour donner une image des conditions de la saison humide ou des saisons humides, on a utilisé le procédé des courbes ombrothermiques de F. BAGNOULS et H. GAUSSEN (cité par LE FLOC'H, 1959).

Les diagrammes représentatifs comprennent les courbes suivantes :

- somme mensuelle des maxima et minima moyens (en °C)
- moyenne mensuelle des maxima moyens (en °C)
- moyenne mensuelle des minima moyens (en °C)
- moyenne mensuelle des maxima absolus (en °C)
- moyenne mensuelle des minima absolus (en °C)
- moyenne mensuelle de pluviométrie (en mm).

Etant donné le manque de renseignements en ce qui concerne les températures minimales et maximales sur plusieurs années, on s'est limité à une seule année (1977) (tableau 7) pour dresser les diagrammes sous indiqués, et essayer de dégager la saison sèche et la saison humide ; certes une seule année risque de ne pas être représentative. Cependant, elle nous permet de faire des comparaisons avec des climats similaires. Le quotient d'Emberger créé pour les régions méditerranéennes permet la situation bioclimatique du périmètre à cartographier.

$$Q_2 = \frac{100 \text{ Pa}}{\frac{(Ms+Mi) (Ms-Mi)}{2}}$$

Q_2 = quotient pluviothermique d'Emberger

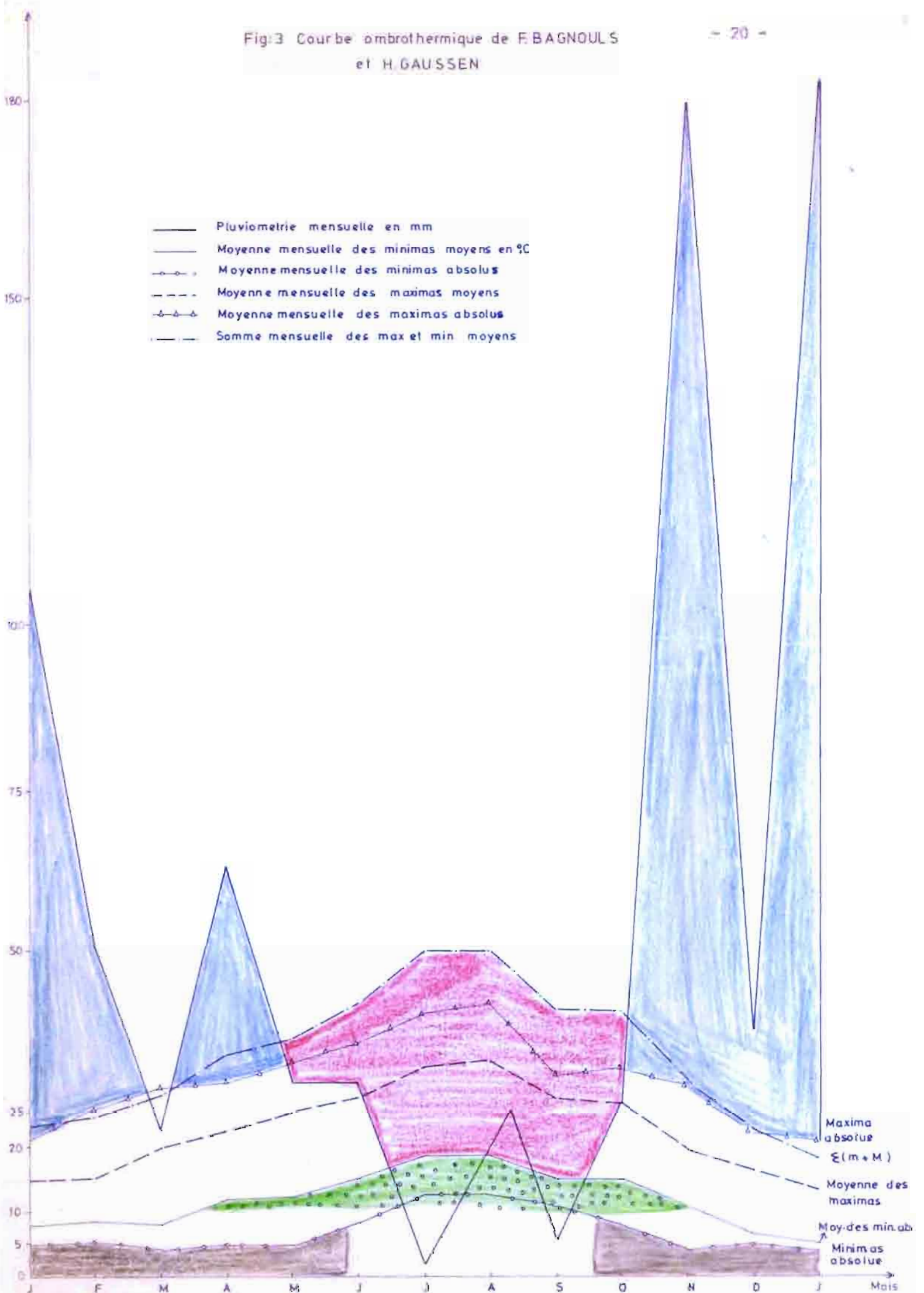
Pa = Pluviométrie annuelle moyenne

Ms = Maximum moyen du mois le plus chaud

Mi = Minimum moyen du mois le plus froid

Fig.3 Courbe ombrothermique de F.BAGNOULS
et H.GAUSSSEN

- 20 -



Pour l'année 1977, le quotient pluviothermique d'Emberger est de 98,00 et situe la région dans l'étage bioclimatique humide, sous-étage inférieur (Ann. Agro.; 1969). La température minimum de 6,3 °C correspond à une variante à hiver doux. En prenant arbitrairement les températures + 10°C et + 30°C, en vue de mettre l'accent sur les périodes climatiques défavorables à la végétation, le graphique n° 3 nous permet de repérer les températures et les périodes remarquables.

Nous avons représenté :

- En bleu : la période hivernale et pluviale
- En rouge : la période estivale et sèche
- En vert : les zones des températures où $M < 10^{\circ}\text{C}$ (hiver à journées froides)
- En marron : les zones des températures où $m > 10^{\circ}\text{C}$ (fraîcheur ou chaleur des nuits d'été)

Ce graphique montre que la période sèche coïncide avec la période chaude et la période pluviale avec la période froide, c'est le type du climat méditerranéen continental.

Températures de l'année 1977 (Station OEP Sedjenane)

Tableau 7

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moy. $\theta^{\circ}\text{min.}$ moy.	7,5	8,3	7,8	11,2	11,7	14,2	17,3	17,3	14	14,1	10,2	6,7
Moy. $\theta^{\circ}\text{max.}$ moy.	15,7	16,2	19,9	22,7	25,2	27,6	32,4	32,6	27,2	27	19,7	16,4
Σ Min. et maxi. moy.	23,2	24,5	27,7	33,9	36,9	41,8	49,7	49,9	41,2	41,1	29,9	23,1
Minima absolu	4	5,5	4,5	5	4,5	8,5	12,5	12,5	11	7,5	4,5	5
Maxima absolu	21,5	26	29	30	33	36	40,5	42	31,5	32,5	29	22,5
Pluvio- mètrie	105,3	50,8	23	63,5	29,3	29,6	1,7	25	5,2	26,6	180,4	37,7

VII - TEMPERATURES DANS LE SOL

Le dépouillement des températures dans le sol aux profondeurs 5, 10 et 15 cm a pour but essentiel, dans ce mémoire, de voir si au cours de l'année, il y a un refroidissement critique dans le sous-sol.

Des responsables techniques et des paysans dans la région de Sedjenane (Mogods) constatent chaque année un jaunissement de la végétation (cultivée), et souvent un arrêt de la croissance, et que tout apport azoté s'est avéré quelquefois inefficace.

Le tableau n° 8 montre que les températures moyennes les plus basses se situent aux alentours de 10 à 12°, néanmoins, la fréquence des températures de l'ordre de 5°C est assez importante.

De telles températures ralentissent l'activité microbienne, et inhibent la nitrification dont l'activité est nulle à 4°C, et optimale aux alentours de 28-36°C. Cependant, le redémarrage de la vie microbienne, azotobacters et clostridium, est toujours très lent (voir détail sur l'azote).

Températures dans le sol - OEP Sedjenane

Tableau 8

Année 1977

Mois Profondeur	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5 cm	12	11,2	15,3	15,9	20,3	25,2	29,8	25,9	23,6	22,2	15,7	11,6
10 cm	11,8	11,2	15,8	17,3	22	28,3	29,3	28,6	23,9	23,0	15,7	11,4
15 cm	11,1	14,4	18,1	17,1	24,6	27,6	32,4	28,4	25,4	23,1	15,6	11,4

Année 1978

Mois Profondeur	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5 cm	11,6	10,9	12,8	14,5	19,1	25,8	23,1	29	25,7	19,4	14,2	10,9
10 cm	8,7	11	12,4	15,4	20,8	27,4	30,5	23,5	26	19	14,5	12,7
15 cm	7,3	10	12,5	15,9	21,9	28,8	31,8	31,4	26,6	19,8	11,0	12,1

VIII - VEGETATION

En nous limitant à la zone à cartographier, nous avons pu relever trois types végétatifs.

VIII.1. - Une zone naturelle de chêne liège qui a laissé place à un maquis dégradé à très dégradé. Celui-ci est continuellement menacé par les charbonniers clandestins, par le surpâturage et une population indigène pour faire du bois. Ce maquis se trouve généralement sur les colluvions caillouteuses argilo-gréseuses et comprend principalement les essences suivantes :

- *Quercus suber*
- *Myrtus communis*
- *Pistacia lentiscus*
- *Erica arborea*
- *Filaria* sp.
- *Cystus monspeliensis*
- *Calycotom villosa*

VIII.2. - Une zone reboisée en Eucalyptus et en pins de différentes espèces. Cette plantation est faite sur les hauteurs (partie Sud du secteur) : Djebels Dhouahria et Haddada. Ces zones sont menacées également par un surpâturage de mouton et un élevage de chèvres qui ne cesse de s'étendre. D'où, par place, la roche affleure par suite de ces passages fréquents d'animaux, qui intensifie l'érosion.

VIII.3. - Des zones cultivées : la ferme de l'O.E.P. a déboisé et défriché le maximum de surface et a installé des cultures fourragères pérennes et annuelles (Vesce - avoine, salla, Fénugrec). Parmi les pérennes, nous citons la fétuque, le ray-grass et le trèfle souterrain.

Certes, ces prairies contribuent énormément à l'amélioration des sols en :

- enrichissant les horizons de surface en matière organique (A_p et A_1 - 20 à 40 cm)
- atténuant les effets de l'érosion
- stabilisant la couche arable.

Cependant, il faut éviter de faire paître les animaux sur les sols de texture argileuse pendant la saison des pluies, pour éviter la destruction de la structure du sol, d'une part, et de déclencher l'érosion d'autre part.

IX - EROSION

Dans ce mémoire, nous avons fait de l'érosion une rubrique à part parce qu'elle est devenue un problème préoccupant en Tunisie. En effet l'érosion a fortement marqué la région de Sedjenane.

IX.1. - Rappel

L'érosion est l'ensemble des processus qui jouent en sens contraire de la genèse des sols. Nous citons : les eaux courantes, le gel, le vent, les actions chimiques (dissolution) et l'homme.

Certes l'érosion en creusant accentue les dénivellations, mais au terme de son action, elle nivelle. Un tel travail de l'érosion se répète et on dit qu'une telle action est cyclique.

IX.2. - Généralités

D'ores et déjà, nous pouvons considérer que l'érosion hydrique prédomine dans le Nord et le Centre du pays, tandis que l'érosion éolienne devient conséquente dans le Centre et surtout le Sud tunisien.

L'érosion est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs agissant ensembles, tels que les propriétés lithologiques, pédologiques, nature du relief, la végétation et l'homme.

* En Tunisie, la végétation ne peut être considérée comme un facteur purement physique tant elle a été profondément influencée par l'homme. C'est alors plutôt la notion d'occupation du sol qui va s'y substituer (CORMARY, 1964). Dans les zones cultivées, ce sont les types de culture et les pratiques culturales qui vont jouer le rôle déterminant tandis que sous végétation forestière, il faudra considérer son recouvrement.

Les eaux qui seront issues de processus érosifs dans les zones situées en aval, seront chargées d'une énergie, d'une potentialité érosive qui sera essentiellement fonction de deux facteurs : la couverture végétale et le relief.

- La couverture végétale sert de frein physique tant au niveau de l'interception des précipitations qu'à celui de la réduction du ruissellement.

- La vigueur de la topographie intervient directement sur l'énergie des eaux de ruissellement.

La potentialité érosive dans le projet de l'O.E.P. Sedjenane est qualifiée de moyenne à forte sous forêt parce qu'il y a un surpâturage excessif, tandis qu'elle est anéantie depuis la mise en valeur de quelques parcelles (prairies permanentes) et est devenue moyenne à faible.

IX.3. - Principales formes d'érosion rencontrées dans la région

D'ores et déjà, nous pouvons confirmer que dans le processus de dégradation des sols par l'homme conjugué avec celui du climat se poursuit jusqu'à nos jours.

IX.3.1. - Action par l'homme

L'homme modifie la couverture végétale naturelle créant ainsi des conditions biologiques nouvelles qui mettent en oeuvre un système d'érosion original, le système anthropique. Depuis son apparition, l'homme modifie involontairement le cycle évolutif du sol d'abord par le défrichement des forêts pour élargir son espace vital et plus tard par les techniques culturales (déboisement, défrichement, charbonnage et labours mal organisés ..) pour augmenter les surfaces cultivables. De telles actions ont pris l'aspect d'un fléau régional, d'où la mise en place de systèmes de vulgarisation et de surveillance de la forêt pour contrôler et limiter les actions de l'homme.

IX.3.2. - Action de l'eau

Nous faisons remarquer que le schéma proposé est limité à la région à cartographier. Il est probable qu'il y ait des origines externes aux limites proposées. Nous hiérarchisons cette érosion par l'eau :

IX.3.2.1. - Ruissellement diffus

Il est lié à la saturation du sol et à l'intensité de quelques pluies érosives (tableaux 5).

C'est un écoulement en surface en minces filets sans cesse entravés par la végétation empêchant sa concentration en rigoles. Il est capable d'entraîner vers le bas du versant des brindilles et des particules argileuses, limoneuses et mêmes sableuses.

Ce ruissellement agit beaucoup plus sur les sols meubles, généralement pauvres en humus, et les sols fraîchement labourés.

IX.3.2.2. - Décapage

Processus de départ du matériel fin d'un versant. Il est très lié au ruissellement diffus qui opère un entraînement, vers le bas de la pente, des particules fines de l'horizon superficiel d'un sol (Profils 23 et 32). Le sol s'amincit et sa teneur en humus diminue, le cas extrême, le sol s'appauvrit du fait qu'il perd ses éléments fins et son humus.

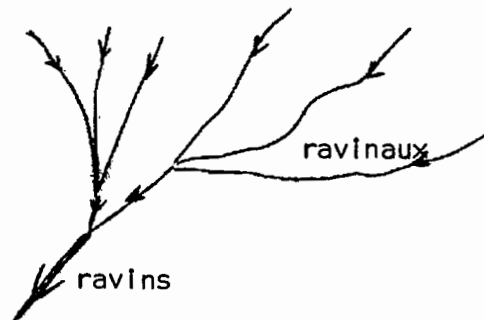
IX.3.2.3. - Ravinement élémentaire

Rigoles ou raviniaux de moins d'un mètre de profondeur et de largeur, sur une pente de matériaux meubles, creusés par les eaux de ruissellement.

C'est le ruissellement diffus qui, avec l'intensification des pluies, s'organise et par accroissement de la vitesse et donc de l'énergie, entaille le sol en se concentrant dans des inégalités topographiques qui correspondent souvent à des fentes de dessiccation, et sillons de labour dans le sens de la pente, sentier de bétail et fossé de poste . (C'est le cas dans les Mogods). Ces raviniaux se concentrent avec quelques anastomoses. Cette érosion va jusqu'à mettre à nu les argiles sous-jacentes compactes et imperméables (voir notice).

voir carte des profils	Exemples :	* le profil 19 d'altitude 155 m.
		* " " 23 sous maquis dégradé
		* " " 32 et 36 où la couche arable a
		complètement disparu et le pseudogley apparaît en surface

L'érosion par ravinement se manifeste sur les pentes les plus fortes et sur les terrains les plus meubles. Nous avons relevé une extension rapide d'une érosion régressive et la roche-mère apparaît. Ces ravins arrivent à charrier des blocs de grès.



IX.3.2.4. - Erosion régressive

Le ruissellement est le responsable majeur de la progression vers l'amont des ravins, par l'action de deux processus. Le premier qui accompagne fréquemment le sapement des berges est la suffosion ou soutirage.

Les eaux de ruissellement pénètrent par les fentes de retrait et s'infiltrent jusqu'à une couche drainante où leur circulation crée un vide, un soutirage et fait s'écarter le sol surplombant. Ce processus se produit en bordure des ravins et accélère leur progression vers l'amont. Il peut arriver ainsi que le ruissellement en bordure des berges crée de véritables chutes d'eau. Le pied de ces cascades miniatures sape la berge, la met en porte à faux et la fait s'écrouler.

IX.3.3. - Action du vent

Elle regroupe les processus dans lesquels le vent, et non plus l'eau, est l'agent actif. Dans notre secteur, 70 à 80 % des sables présentent une usure éolienne (voir étude sédimentologique).

Au cours des transports, les grains ont subi des chocs et se présentent avec des angles vifs et de couleur mat.

La présence d'une couverture végétale nous laisse croire que ces dépôts, sous forme de tâches et de dunes, sont probablement anciens.

B - ETUDE PEDOLOGIQUE

I - TENDANCES PEDOGENETIQUES DES SOLS

L'importance de la pluviosité (800 à 1100 mm/an) dans la région des Mogods, donnent des caractères particuliers aux sols de cette zone. Cette pluie provoque, comme nous le montre la description et l'analyse de quelques profils, premièrement un lessivage d'où des sols bruns lessivés, deuxièmement un engorgement d'où des sols hydromorphes ou hydromorphes vertiques avec parfois une alcalinisation de profondeur de certains types de sols.

I.1. - Le lessivage

Sur les colluvions acides et perméables (grès), la pédogenèse va dans le sens d'un lessivage du fer et de l'argile avec formation des sols bruns lessivés. Ces derniers se présentent avec un horizon humifère (cultures fourragères), sous lequel on observe un horizon E (ancien A₂) appauvri en fer et en argile, puis un horizon d'accumulation B_t (profils n° 4 et 66).

Ces sols correspondent au recouvrement de colluvions à texture moyenne à grossière en surface sur les argiles de profondeur (argile hydromorphe).

Nous avons trouvé des horizons (40 à 80 cm) complètement dépourvus d'argile, seuls restent en place les graviers et les sables bien lavés, ce qui montre bien l'intensité du lessivage dans les horizons graveleux et il s'agit d'horizon E au sein de colluvions grossières.

I.2. - L'hydromorphie

Le climat, comme nous l'avons vu précédemment, se caractérise par des précipitations abondantes, mais concentrées sur une période ne dépassant pas la moitié de l'année. Dans ces conditions, l'argile qui forme la majorité des substrats subit des périodes d'engorgement important au cours de l'hiver et du printemps, auxquelles succèdent des périodes de sécheresse intense en été et en automne.

Dans le secteur cartographié, il s'agit d'une hydromorphie à pseudogley, rarement à gley et à amphigley, se marquant par des taches ocres, des horizons bariolés (profil n°3) et des taches d'oxydo-réduction peu nettes qui tapissent dans la plupart des cas tout le profil (profils n° 100 et 130).

Cette hydromorphie se rencontre plus particulièrement sur les zones basses où l'eau stagne pendant plusieurs mois de l'année (6 à 9 mois) d'autant qu'une nappe profonde existe déjà, ce qui entraîne une remontée du niveau de l'eau jusqu'en surface en saison pluviale et donne aux profils le caractère de stagnogley. Il s'agit de surcroît des zones à texture fine (alluvions), alors que sur les colluvions qui sont drainant sur une épaisseur de 0 à 60/80 cm, l'hydromorphie est peu accentuée mais elle se manifeste cependant en profondeur malgré le relief, du fait de la finesse de la texture. La présence de nappe perchée (profil n° 48) favorise et accentue cette hydromorphie qui évolue vers un gley de profondeur et un amphigley (profil n° 23). Ce type d'hydromorphie caractérise d'une façon générale les substrats argileux des Mogods (M. DELHUMEAU, 1973). Le pseudogley est moins intense sur colluvions à cause du relief et parce que l'engorgement est moins long du fait que les horizons A_p , A_1 et E sont souvent sableux et par conséquent bien drainant.

1.3. - L'hydromorphie du type vertique

Sur des substrats marneux, surtout là où les conditions topographiques assurent un drainage moins rapide avec confinement des ions calcaires, prévaut une pédogenèse de type vertique (profil n° 2).

Ce type d'évolution aboutit à des vertisols (communication orale de M. DELHUMEAU) et à des sols bruns vertiques plus ou moins hydromorphes qui sont caractérisés morphologiquement par une structure très développée, largement polyédrique à prismatique jusqu'à 50 cm, et en plaquettes à faces lissées en profondeur.

L'argile est du type gonflante, mais ce ne serait pas uniquement de la montmorillonite dont la capacité d'échange (C.E.C.) de l'ordre de 80 à 100 méq., parce que celle des argiles rencontrées dans le secteur ne dépasse guère 40 méq. (profil 1).

Il y a une hydromorphie de profondeur qui se manifeste par la présence de concrétions manganifères. Mais il n'y a pas de barilolage du fait du pH élevé et que le fer est bloqué par le calcaire qui dans ces sols atteint 3 à 10 %, de même la matière organique n'est pas directement décelable dans le profil.

1.4. - La salure et l'alcalinisation

Certains substrats : argiles calcaires ou marnes avec parfois des filonets gypseux, sont légèrement à moyennement salés (profils n° 72 ; 51). Ces argiles se caractérisent aussi souvent par des teneurs élevées en sodium conférant ainsi à ces sols des caractères d'alcalinisation (profil n° 66).

Ces caractères limitants pour la mise en valeur se manifestent sur la zone de transition entre colluvions et alluvions, sur la partie alluvionnée et sur les sols à texture fine (vertisols et bruns vertiques). Du fait du climat et du lessivage correspondant à la forte pluviométrie, la salinisation est rare, du moins d'après les profils analysés, alors que l'alcalinisation est fréquente mais seulement en profondeur.

D'une façon générale, les sols du périmètre évoluent sur deux principales formations récentes : les colluvions et les alluvions.

II - COLLUVIONNEMENT ET ALLUVIONNEMENT

II.1. - Rappels

Les sols colluviaux et alluviaux sont groupés sous le terme de Fluvisols (BOULAINÉ, 1975), avec le profil suivant : A_{11} ; A_{12} ; A_{13} ou $(A_1 - A_3)$; B_s ou (B) ; g ; G.

II.1.1. - Les alluvions

Une alluvion désigne un apport, un dépôt par l'eau courante. Les produits de l'érosion hydrique des sols et des roches, après leur mise en suspension par l'eau, ne parviennent pas directement à la mer pour y constituer de nouveaux sédiments.

En général, ils transitent par bonds successifs, entre leur point d'origine et le niveau marin, et à l'échelle géologique, encombrant les parties basses des paysages.

L'alluvionnement, donc phénomène inverse de l'érosion, est le dépôt des matériaux arrachés par l'eau aux parties érodées du bassin versant et transportés sur une certaine distance dans des zones d'alluvionnement.

La mise en place des alluvions se fait par dépôt des éléments de moins en moins grossiers au fur et à mesure que la vitesse de l'agent transporteur diminue.

II.1.2. - Les colluvions

Ce sont des dépôts à courte distance des produits de l'érosion des roches meubles et surtout des sols. Si l'épaisseur des apports est faible, le sol recouvert est simplement colluvionné en surface. Dans le cas où les colluvions ont une épaisseur suffisante, on les traite par contre comme des sols véritables. L'épaisseur critique varie avec les auteurs et les zones climatiques.

11.2. - Observations sur le terrain

Dans la zone cartographiée, nous relevons deux grandes unités pédologiques : les sols qui évoluent dans des colluvions et des sols qui évoluent dans des alluvions, puis entre les deux, nous rencontrons une zone de transition, de passage plus ou moins progressif des colluvions aux alluvions, mais cette transition n'est pas régulière et elle est interrompue en certains points où nous passons directement des sols colluviaux (profil n° 109) aux sols alluviaux (profil n° 130). Il y a également des sols qui évoluent dans des sables.

11.2.1. - Les sols colluviaux

Ils se trouvent sur les collines (Ragoubets) et les montagnes (Djebels) et sont constitués le plus souvent d'un mélange d'éléments grossiers (graviers et cailloux) et très grossiers (pierres et blocs de grès acide).

Ces colluvions ont souvent une épaisseur de 1,60 m (profondeur des profils) au moins, mais nous avons trouvé aussi un colluvionnement qui ne descend pas à plus de 0,60 à 0,80 m. Sur ces colluvions, se développent souvent des sols du type brun lessivé à brun lessivé hydromorphe, dont le pH est toujours acide et ne dépassant guère le pH 7 (voir fiches d'analyse).

Dans ces sols colluvionnés, nous n'observons pas de classement des particules, contrairement au cas des sols alluviaux.

11.2.2. - Les sols alluviaux

Nous les retrouvons dans les zones basses (plaines et dépressions). Ils sont formés presque uniquement de matériaux fins à moyens (argile et limon), ceci par comparaison aux sols colluviaux où les éléments grossiers abondent.

Donc ce qui fait la différence essentielle entre les sols colluviaux et les sols alluviaux dans l'O.E.P. Sedjenane, est l'absence totale d'éléments grossiers (graviers, cailloux, etc...) dans les sols alluviaux.

Les sols qui évoluent dans ces alluvions sont plus basiques, pH compris entre 7 et 8 et ils sont du type bruns vertiques à vertisoliques et bruns hydromorphes. Ils sont également à tendance alcaline et saline, surtout en profondeur (profil n° 100) et leur complexe est généralement saturé en sodium. Les alluvions de la zone concernée, sont souvent complexes, l'observation morphologique montre que le profil est formé de couches, au sens sédimentologique du terme, de nature différente (profil n° 114). Cette superposition de couches nous permet de qualifier quelques mésocombinaisons de sols polyphasés.

11.2.3. - Les sols colluviaux et alluviaux

Ces sols sont complexes et forment des microcombinaisons, d'où la non représentativité sur la carte pédologique. Nous y trouvons des éléments fins (argile) et des éléments grossiers en allant des sables aux blocs de grès. Ces sols sont généralement acides et se rapprochent beaucoup plus des sols colluviaux. Nous y trouvons des sols brunifiés, des bruns lessivés et des hydromorphes (profils n° 86, 102).

Le passage des sols colluviaux aux sols alluviaux est plutôt lié à la topographie. En effet, entre la côte 285 m et 110/107 m, nous sommes en présence de sols qui se développent sur colluvions, exceptés les vertisols et les bruns vertiques, et à partir de la côte 106 m nous sommes en présence de sols qui se développent dans des alluvions généralement à texture fine, uniquement.

Bien que ces sols évoluent sur deux familles de matériaux différents (colluvions et alluvions), leur évolution est cependant conditionnée par un facteur déterminant dans la région de Sedjenane, qui est la pluviométrie. La pédogenèse prédominante est donc l'hydromorphie.

11.2.4. - Les sols sur sable

Les sols qui évoluent dans des sables sont du type faiblement lessivé à lessivé, mais ces sables forment des taches dans le secteur cartographié, et n'ont ni une direction, ni une orientation déterminée, ni une position topographique bien définie. Ceci nous a conduit à essayer de préciser l'agent principal de leurs transports.

11.2.4.1. - Etude sédimentologique des sables

11.2.4.1.1. - But de l'étude

Il s'agit d'une étude préliminaire de l'origine des sables. Ces sables se rencontrent généralement sur les zones hautes. En particulier au N.W. du secteur, il y a une ancienne dune de sables, et nous nous posons également la question sur l'agent responsable de son apport.

Donc l'échantillonnage que nous avons effectué a intéressé en priorité les parties hautes (Djebels et Ragoubets) puis deux profils dans la partie à alluvions (profils 63 et 55, tableau 22).

Après traitement à l'hexamétaphosphate de sodium (voir détail de la méthode, pipette de Robinson), ces sables ont été lavés, séchés puis observés.

11.2.4.1.2. - Observation au binoculaire

D'après les communications orales de MM. MHIRI A. et DELHUMEAU M., les sables éoliens sont mats et picotés, alors que les sables d'origine hydrique sont brillants et ont l'aspect lissé.

11.2.4.1.2.1. - Méthodologie

Pour le comptage des sables éoliens et hydriques, nous nous sommes servis d'un couvercle de boîte de Pétri au fond duquel nous avons découpé et collé un papier millimétré ayant le même diamètre que l'intérieur du couvercle ($\emptyset = 93 \text{ mm}$)

11.2.4.1.2.2. - Comptage

En se servant d'un binoculaire de grossissement 40, nous avons observé systématiquement les sables grossiers et les sables fins. Pour chaque échantillon, nous avons fait 17 à 20 répétitions, ce qui porte le nombre de grains observés de 85 à 105 en moyenne.

Ces répétitions sont faites à l'échelle du mm^2 , dans lequel nous avons distingué les grains éoliens, hydriques, les concrétions et les divers (tableau 22).

11.2.4.1.3. - Discussion

L'examen des échantillons situés à des altitudes différentes (tableau 22), montre que la majorité des sables (65 à 80 %) présentent une usure éolienne.

Tableau 22 - Pourcentage des sables grossiers

Altitude m	Profils	Profondeur cm	Sables éoliens %	Sables hydriques %	Concrétions et nodules	Divers
165	24	0 - 30	77,7	22,3	-	-
155	13	0 - 40	64	20	-	15
145	16	0 - 30	86	13,6	-	-
117	76	0 - 20	68,4	18,4	2,7	13,3
117	76	20 - 40	64,2	16,6	-	19
115	66	0 - 30	73,3	10	3,4	6,4
108	55	0 - 25	48,1	22,3	25,9	-
107	63	0 - 70	77,4	16,2	-	3,7

Certes cette méthode dégrossit le problème de l'origine des sables, mais une étude plus poussée apportera certainement d'autres informations plus précises.

Cependant, si nous regardons de près le tableau 22, nous pouvons, d'ores et déjà, dire qu'il y a eu combinaison des deux apports : hydriques (15 à 20 %), éoliens (65 à 80 %). Mais la question que nous nous posons, est laquelle des deux érosions a commencé la première. A notre avis, il y a eu des transports éoliens anciens, auxquels s'est greffé le transport par l'eau (érosion hydrique) qui se poursuit d'ailleurs jusqu'à l'heure actuelle dans la région de l'O.E.P.

III. - TYPLOGIE

III.1. - Introduction

Dans cette typologie, nous nous sommes référé à la classification française de la Commission pédologique et de cartographie des sols (C.P.C.S., 1967) . Nous avons rencontré les sols suivants :

- les sols peu évolués avec les deux groupes : d'érosion et d'apport alluvial
- les vertisols avec les groupes : à structure arrondie et à structure anguleuse
- les sols brunifiés avec les groupes : des sols bruns et sols lessivés
- les sols hydromorphes avec les groupes : à Pseudogley et à Amphigley.

Dans cette classification, il y a plusieurs sous-groupes que nous ne pouvons distinguer que par la famille ou le faciès et la famille.

La légende retenue est :

- . Classe
 - . Sous-Classe
 - . Groupe
 - . Sous-groupe
 - . Familles
 - ou Faciès et Familles

III.2. - Classe des sols peu évolués

III.2.1. - Sous-classe : Non climatiques

III.2.1.1. - Groupe : Sols d'érosion

III.2.1.1.1. - Sous-groupe : Régosoliques

III.2.1.1.1.1. - Faciès : Vertique sur argile calcaire

Profil type n° 51

Altitude : 130 m

Situation : situé au 1/3 supérieur du versant

Végétation : maquis dégradé

Description : le profil est analysé

- 0 - 50 cm; A₁₁ - Frais, argileux, polyédrique grossière à moyenne, racines nombreuses, pas d'effervescence, faces luisantes nettes, très peu friable, couleur brun olive, matière organique non décelable directement, peu poreux, transition progressive.
- 50 - 70 cm ; A₁₂ - Frais, argileux, polyédrique grossière à tendance prismatique, compact, peu poreux, présence de quelques faces de glissement, transition peu nette, brun.
- 70 - 130 cm ; C - frais à humide, argile altérée, structure prismatique mal définie, peu poreux, peu friable, faible effervescence, couleur gris foncé à gris olive, peu plastique.

N.B. : A sec, il y a des fentes de retrait qui vont jusqu'à 40 cm de profondeur (Juin 1979). Le maquis est fortement dégradé par le surpâturage, le charbonnage et la pauvreté du complexe absorbant en cations. Ce sol fait partie des régosoliques à faciès verticale, dont la roche mère, calcaire, est saline à alcali à partir de 90 cm ($\frac{Na}{T} = 33\%$; C.E. = 7,3).

III.2.1.2. - Groupe des sols d'apport alluvial

III.2.1.2.1. - Sous-groupe : Modal

III.2.1.2.1.1. - Faciès : Vertique sur argile calcaire

Profil type n° 63

Altitude : 107 m

Situation : zone plane et de subsidence

Végétation : cultures annuelles (Pois-chiche, tabac, blés, fèves)

Description : le profil est analysé

- 0 - 50 cm ; A₁₁ - humide, argilo-limoneux, polyédrique moyenne à grumeleuse, effervescence moyenne, présence de coquilles (limnées), peu poreux, cohérent, plastique, racines nombreuses, matière organique non décelable directement, faces de glissement peu nettes, phénomène de battance en surface sous forme de pellicule, brun clair, transition peu nette.
- 50 - 70 cm ; A₁₂ - humide, argilo-limoneux, polyédrique moyenne peu nette, effervescence moyenne, présence de coquilles, poreux, plastiques, racines nombreuses, faces de glissement assez nettes, brun clair à gris sombre, transition progressive.
- 70 - 140 cm ; C - humide à frais, texture presque équilibrée : limono-argilo-sableuse, structure polyédrique grossière à prismatique délimitée par des fentes de retrait quand le sol est sec, très poreux, forte effervescence dans les limons, peu friable, peu plastique.

N.B. : Il y a des phénomènes de battance en surface et le sol se détache en petites pellicules quand il est sec et présente des fentes de retrait (30 à 40 cm de largeur).

III.2.1.2.2. ~ Sous-groupe : hydromorphe à pseudogley

Altitude : 127 m.

Situation : Coupe de l'Oued Magasbaïa

Végétation : Maquis, rosacées le long des deux rives de l'Oued

Description :

- 0 - 30 cm ; A₁₁ - Frais, argilo-limoneux, polyédrique moyenne à fine, peu poreux, cohérent, taches ferrugineuses ocres rouilles peu apparentes, faible effervescence, brun clair à grisâtre, quelques cailloux de grès, très nombreuses racines traversant les agrégats, transition peu nette et irrégulière, matière non décelable directement.
- 30 - 75 cm ; A₁₂ - Frais, argileuse, polyédrique grossière, peu poreux, cohérent, peu de racines fines, grosses racines assez nombreuses, présence de taches de pseudogley, faible effervescence, brun clair à brun rougeâtre, transition nette et régulière, quelques cailloux de grès à angle arrondi.
- 75 - 140 cm ; C - humide, argille altérée, gris foncé à bleuâtre au soleil, et blanc jaunâtre très peu poreux, uniquement des grosses racines des rosacées, friable, plastique, présence de taches de pseudogley, effervescence moyenne à forte.

III.3. - Classe des vertisols

III.3.1. - Sous-classe des sols à drainage externe réduit

III.3.1.1. - Groupe : structure arrondie

III.3.1.1.1. - Sous-groupe : verticale moyennement accentuée
sur argile calcaire

Profil type n° 58

Altitude : 110 m.

Situation : zone plane et de subsidence bien drainée par l'Oued Magasbaïa

Végétation : Blés, pois-chiche, fèves, tabac

Description : le profil est analysé

- 0 - 35 cm ; A - Frais à humide, argilo-limoneux, polyédrique arrondie, très poreux, faible effervescence, très nombreuses racines, peu cohérent, peu de graviers de grès à angle arrondi, présence de lombrics et de coquilles d'escargot, brun clair à brun noir, transition peu nette, galeries animales remplies de déjections.
- 35 - 115 cm ; B₁₁ - humide, argilo-limoneux, polyédrique grossière à tendance prismatique, faces de glissement nettes, peu poreux, moyenne effervescence, débris de coquilles, racines fines peu nombreuses traversant les agrégats, quelques poches de sable, brun clair à gris clair, transition peu nette.
- 115 - 140 cm ; B₁₂ - humide, argilo-limoneux, plaquettes obliques, forte effervescence, très cohérent, faces de glissement et luisantes très nettes, très peu poreux, très peu de racines, peu plastique, couleur jaune pâle.

N.B. : Tout le profil est carbonaté, il y a un effet de battance sous forme de pellicules en surface, et enrichissement en carbonate de calcium en profondeur.

III.3.1.2. - Groupe : structure anguleuse

III.3.1.2.1. - Sous-groupe : modal sur argile calcaire

Profil type n° 1 : se reporter à la deuxième partie du mémoire.

III.3.1.2.2. - Sous-groupe : verticale peu accentuée sur argile calcaire

Profil type n° 94

Altitude : 114 m.

Situation : au 1/3 inférieur du versant

Végétation : Fétuque

Description :

- 0 - 12 cm ; A_p - Frais à sec, argileux, polyédrique moyenne anguleuse, pas d'effervescence, très peu fragile, très nombreuses racines pénétrant les agrégats, gris clair à brun clair, transition peu nette.
- 12 - 80 cm ; A - Frais, argileux, polyédrique grossière à tendances prismatiques, pas d'effervescence, poreux, cohérent, graviers de grès et de calcite à angles arrondis et anguleux, peu de racines, peu plastique, brun gris foncé avec une transition progressive.
- 80 - 120 cm ; B_{ca} - Frais, argileux, plaquettes obliques anguleuses, moyenne effervescence, présence de gypse, faces de glissement peu accentuées, peu poreux, manifestation d'hydromorphie avec quelques rares concrétions de Mn, cohérent, brun gris foncé.

III.3.1.2.3. - Sous-groupe : hydromorphe sur argile calcaire

Profil type n° 15

Altitude : 140 m

Situation : au milieu du versant

Végétation : prairies permanentes de trèfle + raygrass

Description :

- 0 - 15 cm ; A_p - Frais, argileux, faible effervescence, faces luisantes, très nombreuses racines traversant les agrégats, nombreux graviers de calcite, plastique, structure polyédrique grossière à massive, peu poreux, matière organique bien liée à la nature minérale, mull, brun gris foncé 5 Y 3/2, transition progressive.
- 15 - 75 cm ; A - Frais, argileux, plastique et collant, faible effervescence, faces luisantes, nombreux graviers de grès et de calcite, très cohérent, structure en plaquettes grossières, présence de coquilles, peu poreux, matière organique non décelable directement, brun gris 5 Y 4/2, transition nette, quelques concrétions de Mn.
- 75 - 130 cm (B) - Frais, argileux, plastique et collant, faible effervescence, faces de glissement, graviers à angles arrondis et anguleux de calcite, plaquettes moyennes à prismatique émoussée, peu poreux, taches d'oxydo-réduction (Mn - Fe), peu de racines, présence de coquilles, grains de gypse à la base du profil, brun grisâtre sur fond jaune pâle : 10 YR 6/6.

N.B. : Sur ce type de sol, il faut éviter le pâturage des animaux pendant la saison humide pour ne pas détruire la structure d'une part et ne pas déclencher l'érosion d'autre part.

La présence de débris de calcite analogues aux filonnets que l'on trouve dans l'argile géologique montre que le sol est en train d'évoluer en place. La présence de kaolin et de gypse à la base de (B) fait penser à un début d'un horizon BC.

III.4. - Classe des sols brunifiés

III.4.1. - Sous-classe : climats tempérés humides

III.4.1.1. - Groupe : sols bruns

III.4.1.1.1. - Sous-groupe : brun modal

III.4.1.1.1.1. - Faciès hydromorphe sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 117

Altitude : 106 m.

Situation : Le profil est situé entre la limite inférieure du Versant et le début de la Garâa.

Végétation : maquis dégradé à lentisque

Description :

0 - 10 cm ; A - Frais, argileux, polyédrique moyenne à grumelleuse, très nombreuses racines, matière organique : mull à mull-moder, pas d'effervescence, très poreux, peu plastique, peu cohérent, riche en graviers et grès, brun foncé, transition graduelle.

10 - 34 cm ; B_{11g} - Frais à humide, argileux, polyédrique moyenne, brun gris à gris sombre, nombreuses racines, très poreux, horizon concretionné (Fe - Mn), plastique, matière organique non décelable directement, chargé en cailloux et graviers de grès, transition peu nette.

34 - 140 cm ; B_{12g} - Humide, argileux à argilo-sableux, polyédrique mal définie à massive, taches d'oxydo-réduction, brun clair, pas de racines, peu poreux, peu plastique, peu friable, pas d'éléments grossiers.

N.B. : Le profil évolue dans des colluvions argilo-gréseuses avec un gradient de matière organique qui s'exprime par la couleur ; brun foncé au brun grisâtre. L'unité représentative de ce groupe n'est pas cultivée parce qu'elle est envahie par des essences forestières et contient également beaucoup de graviers et cailloux en surface.

III.4.1.1.2. - Faciès à concrétions de Mn sur alluvions fines

Profil type n° 70

Altitude : 103 m.

Situation : dans une dépression, au bord d'un ravin, et à la limite inférieure du versant.

Végétation : Fétuque

Description : le profil est analysé

- 0 - 60 cm ; A₁₁ - Frais, argilo-limoneux, structure polyédrique moyenne à fine, très nombreuses racines pénétrant les agrégats, galeries animales, présence de lombrics, pas d'effervescence, cohérent, peu plastique, brun clair à brun foncé, poreux, quelques concrétions de Mn, transition graduelle.
- 60 - 90 cm ; A₁₂ - Frais, argileux, polyédrique moyenne, concrétion de Mn peu abondantes, faces luisantes à peine marquées, peu poreux, peu cohérent, plastique, nombreuses racines pénétrant les agrégats, pas d'effervescence, gris clair à brun clair, transition peu nette.
- 90 - 140 cm ; B₉ - humide, argileux, polyédrique mal définie, concrétions ferro-manganiques abondantes, racines peu nombreuses, cohérent, plastique, brun clair sur fond jaune pâle, pas d'effervescence.

N.B. : Le profil évolue dans des alluvions fines, et topographiquement il se situe à la même altitude que la garâa (zone de subsidence).

III.4.1.1.1.3. - Faciès vertique

III.4.1.1.1.3.1. - Sur argile calcaire

Profil type n° 2

Altitude : 140 m.

Situation : au sommet d'une colline (Ragoubet)

Végétation : culture annuelle fourragère (vesce - avoine)

Description :

- 0 - 10 cm, A_{p1} - Frais, argileux, grumelleux, faible effervescence, graviers anguleux de calcite, très nombreuses racines pénétrant les agrégats, très cohérent, plastique et collant, brun clair, transition graduelle.
- 10 - 30 cm, A_{p2} - Frais, argileux, polyédrique moyenne, faible effervescence, graviers anguleux de calcite, compact par la semelle de labour, présence de paille enfouie au moment du labour du sol, très peu de racines fines, peu poreux, brun jaunâtre, transition peu nette.
- 30 - 75 cm, B - Frais, argileux, polyédrique grossière, faible effervescence, graviers de calcite, présence de kaolin faisant des taches rappelant le pseudo-mycélium, très peu de racines, faces de glissement peu accentuées, très peu poreux, brun jaunâtre, transition peu nette.
- 75 - 105 cm, BC - Frais, argileux, structure en plaquettes moyennes anguleuses, faible effervescence, cohérent, très peu de racines, les agrégats sont revêtus d'une pellicule ferro-mangánique, couleur brun jaune, transition nette.
- 105 - 150 cm, C - Frais, argile altérée, feuilletée, très cohérent, présence de kaolin sous forme de poches, argile de couleur grise sur fond brun jaunâtre, moyenne effervescence.

III.4.1.1.3.2. - Sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 22

Altitude : 138 m.

Situation : 1/3 Inférieur du versant

Végétation : Fétuque

Description :

- 0 - 6 cm ; A_p - Frais, argilo-sableux, polyédrique moyenne, peu cohérent, poreux, très nombreuses racines pénétrant les agrégats, peu plastique, gris clair à brun foncé, transition graduelle.
- 6 - 20 cm ; A - Frais, argilo-sableux, racines nombreuses, massive, peu cohérent, présence de quelques graviers de grès, nombreuses racines fines et grosses racines mortes (maquis), brun clair à brun rougeâtre, transition nette.
- 20 - 60 cm : B_g - Frais, argilo-sableux à argileux, racines nombreuses, peu plastique, massive mal définie, faces de glissement, cohérent, taches ferro-manganiques, chargés en cailloux et pierres de grès gênant par moment l'ouverture du trou, grosses racines mortes (maquis), jaune pâle sur fond gris clair, transition graduelle, l'eau suinte à partir de 40 cm.
- 60 - 110 cm ; B_t - Frais, argileux, faces de glissement nettes, massive mal définie, cohérent, plastique, pas de racines fines, ni grosses racines, pas d'effervescence, pierres de grès donnant un faciès rubéfié à l'horizon.
- 110 - 140 cm ; B_{ca} - Frais, argileux, faces de glissement entre les feuillets d'argile il y a du kaolin, moyenne effervescence, gris clair, blocs de grès.

N.B. : L'hydromorphie se manifeste entre 20 et 60 cm, ce qui prouve qu'il y a une nappe perchée. L'horizon sous-jacent (B_t) est compact et imperméable, d'où l'écoulement ^{latéral} des eaux, caractéristique de la région des Mogods.

III.4.1.1.2. - Brun faiblement lessivés

III.4.1.1.2.1. - Famille des sols hydromorphes à concrétion de Mn sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 16

Altitude : 160 m.

Situation : 1/3 supérieur du versant

Végétation : trèfle souterrain et ray-grass

Description : le profil est analysé

0 - 30 cm ; A_p - Frais, sableux, structure particulaire, très peu cohérent, très nombreuses racines, galeries animales remplies de déjections, brun gris foncé, matière organique, mull-moder, transition peu nette.

30 - 50 cm ; E - Frais, sableux, particulaire, très peu cohérent, racines peu nombreuses, très poreux, galeries animales et des trainées grises à brunes dans l'horizon brun clair, transition nette.

50 - 140 cm ; B_t - Frais, argilo-sableux, polyédrique moyenne, peu plastique, brun grisâtre et jaune pâle, peu friable, peu plastique, concrétions de manganèse, quelques racines fines traversant les agrégats, très poreux avec des galeries animales remplies d'argile venant du lessivage de l'horizon ~~sus-~~ ~~jacent~~ et donnant à l'horizon B_t l'aspect gloessique.
ou l'horizon E

N.B. : La couleur générale du profil est brun foncé à brun clair sur fond jaune pâle. L'horizon B_t commence à s'indurer par les liaisons entre sable et Mn + Fer, avec un début de concrétionnement.

Couleur d'une concrétion 5 Y 3/2.

III.4.1.1.2.2. - Famille des sols hydromorphes à concrétion de Mn sur sables gréseuses

Profil type n° 27

Altitude : 160 m.

Situation : au milieu du versant

Description :

- 0 - 10 cm ; A_p - Frais, sableux, particulaire, très poreux, très peu cohérent, très nombreuses racines fines et de grosses racines mortes (maquis), matière organique : mul-moder, brun gris foncé, transition peu nette.
- 10 - 22 cm ; E - Frais, sableux, brun clair, très nombreuses racines fines, très peu cohérent, très poreux, quelques graviers de grès, transition nette, particulaire.
- 22 - 65 cm ; B_g - Frais, sablo-argileux, polyédrique moyenne, très nombreuses racines, quelques racines mortes (maquis), peu poreux, cailloux et graviers de grès, brun clair à gris sombre, transition nette, concrétions de Mn abondantes.
- 65 - 140 cm ; B_{tg} - Argileux, massive, peu poreux, faces de glissement peu marquées, nombreuses concrétions de Mn, quelques racines fines, peu de graviers de grès, brun clair à brun jaunâtre.

N.B. : Le suintement de l'eau à 70 cm indique le niveau de la nappe d'une part et l'écoulement latéral, caractéristique de ces sols, d'autre part. Cette eau a entraîné la formation d'un pseudogley à gley à partir de 125 cm avec une couleur ocre à vert bleuâtre au soleil.

III.4.1.1.2.3. - Famille des sols hydromorphes à pseudogley sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 39

Altitude : 130 m.

Situation : Zone plane et marécageuse

Végétation : Essences spontanées : mentha puléguim

Description :

0 - 30 cm ; A - Frais, sableux, structure particulière, gris sombre, très nombreuses racines traversant les agrégats, très peu cohérent, mull-moder, transition nette.

30 - 50 cm ; E - Frais, sableux franche, particulière, gris clair, peu cohérent, par place dans l'horizon il y a des poches d'argile et de matière organique, peu de racines fines, grosses racines, transition nette.

50 - 100 cm ; B_{tg} - Frais, argileuse franche, polyédrique mal définie à massive, peu de racines fines traversant les agrégats, plastique, cohérent, bariolage, présence de cailloux et pierres de grès, transition graduelle, l'eau suinte à partir de 60 cm.

100 - 140 cm ; B_g - Frais, argileux, massive, faces de glissement très peu marquées, ocre à verdâtre, cailloux et blocs de grès abondants.

III.4.1.2. - Groupe des sols lessivés

III.4.1.2.1. - Sous-groupe : bruns lessivés à pseudogley sur colluvions gréseuses

Profil type n° 66

Altitude : 115 m.

Situation : au milieu d'un glacis

Végétation : cultures annuelles fourragères

Description : le profil est analysé

- 0 - 28 cm ; A_p - Frais, sablo-limoneux, très riche en matière organique du type mull-moder, donnant une couleur gris sombre à brun foncé, polyédrique moyenne, très poreux, pas d'effervescence, très peu cohérent, très nombreuses racines, quelques graviers et cailloux de grès, transition peu nette.
- 28 - 45 cm ; E - Frais, sableux, particulaire, pas d'effervescence, brun clair à jaune pâle, grains de sables bien lavés à éclat transparent, très poreux, peu de racines fines, transition nette.
- 45 - 83 cm ; B_{tg} - Frais, argilo-sableux, polyédrique à massive, peu de racines, cailloux de grès à angles arrondis, peu poreux, compact, peu cohérent, début de vertisolisation avec des faces de glissement peu marquées, horizon bariolé, transition nette.
- 83 - 130 cm ; B_{Ca} - Frais, argileux, massive mal définie, taches de calcaire, forte effervescence, quelques graviers de grès à la base du profil, plastique et collant, gris sombre à verdâtre.

N.B. : Ce profil appartient au groupe des sols lessivés, mais à alcali de profondeur (80 cm) avec $\frac{Na}{T} = 20 \%$.

Les carbonates de calcium viennent certainement de la roche mère par concentration dans la zone d'engorgement, et la présence de taches de calcaire et de graviers de grès est une preuve de l'évolution de la roche mère.

III.4.1.2.2. - Sous-groupe : sols lessivés hydromorphes à pseudogley
sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 4

Altitude : 185 m.

Situation : au 1/3 supérieur du versant

Végétation : Trèfle souterrain + ray-grass

Description :

- 0 - 20 cm ; A_p - Humide, sableux, particulière, très nombreuses racines, très riche en matière organique du type mull-moder, brun gris-sombre, très friable, très poreux, présence de graviers et de cailloux de grès et même des blocs, pas d'effervescence, transition graduelle.
- 20 - 35 cm ; A - Humide, sableux, particulière, nombreuses racines, graveleux et caillouteux, matière organique moins importante que l'horizon A_p, gris clair, pas d'effervescence, transition peu nette.
- 35 - 60 cm ; E - Humide, sableux, particulière, très graveleux, racines peu nombreuses, toute l'argile est partie et seuls restent les graviers et les cailloux de grès avec des grains de sable bien lavés, pas d'effervescence, brun jaunâtre, transition nette.
- 60 - 75 cm ; B_{tg} - Humide, argileux, polyédrique grossière, couleur Munsell: 5 YR 5/6, bariolé, plastique et collant, peu de cailloux de grès, faces luisantes, pas d'effervescence, transition graduelle.
- 7 - 140 cm ; B_g - Humide, argilo-sableux, plaquettes obliques, peu de racines, peu friable, présence de cailloux de grès, bariolé, pas d'effervescence, couleur brun rougeâtre.

N.B. : Le profil est contaminé par des éléments ferrugineux venant de la mine de fer de Haddada. En effet, les couleurs d'un bariolage déterminé au Munsell sont : 2,5 YR 3/2 ; 7,5 YR 5/8 ; 10 YR 7/2.

III.5. - Classe des sols hydromorphes

III.5.1. - Sous-classe : Peu humifère

III.5.1.1. - Groupe : à pseudogley

III.5.1.1.1. - Sous-groupe : à pseudogley de surface

Nous avons rencontré plusieurs types de sols du sous-groupe à pseudogley de surface qui se distinguent les uns des autres par le matériau originel dont ils proviennent : ce sont les sols à pseudogley de surface où l'on retiendra les familles suivantes :

- . sur alluvions fines avec concrétions de Mn en profondeur
- . sur alluvions fines calcaires
- . sur alluvions fines et colluvions gréseuses
- . sur colluvions argilo-gréseuses à concrétion de Mn

- . sur sables avec concrétion de Mn en profondeur

III.5.1.1.1.1. - Famille des sols sur alluvions fines avec concrétions de Mn en profondeur

Profil type n° 86

Altitude : 116 m.

Situation : au 1/3 inférieur du glacis

Végétation : cultures fourragères annuelles

Description :

- 0 - 10 cm ; A_p - Frais, sablo-argileux, polyédrique moyenne à massive (humide), peu friable, très nombreuses racines, très poreux, brun foncé, présence de taches rouilles d'oxydo-réduction, pas d'effervescence, matière organique : mull-moder, transition progressive.
- 10 - 65 cm ; A_g - Frais, sablo-argileux, polyédrique moyenne anguleuse, très poreux, galeries animales, très peu cohérent, nombreuses racines, abondantes taches ferro-manganiques, bariolé, brun clair à brun rougeâtre, concrétions de Mn. nombreuses, matière organique : mull-moder, transition nette.

65 - 115 cm ; B_{tg} - Humide, argileux, polyédrique moyenne à feuilletée, les feuillets brillent au soleil, peu poreux, cohérent, l'eau suinte à partir de 80 cm de profondeur et elle remplit rapidement le trou, très peu de racines, concrétions de Mn très nombreuses et donnent à l'horizon B_{tg} le faciès induré, transition nette.

115 - 140 cm ; B - Sableux, particulaire, taches d'oxydo-réduction ferro-manganiques, friable.

III.5.1.1.1.2. - Famille des sols sur alluvions fines calcaires

Profil type n° 55

Altitude : 108 m.

Situation : Situé à la limite inférieure du versant et au commencement de la zone de subsidence.

Végétation : Plantes spontanées (Joncs, chardons, etc...)

Description :

0 - 20 cm, A₁₁ - Frais, argilo-limoneux, faible effervescence, polyédrique moyenne, très nombreuses racines, peu poreux, peu cohérent, peu plastique, brun clair à brun jaunâtre, transition peu nette, manifestations d'hydromorphie.

20 - 60 cm ; A₁₂ - Frais, argilo-limoneuse, polyédrique moyenne à grossière, plastique, peu poreux, moyenne effervescence, nombreuses racines, brun clair à moyen, transition assez nette, quelques concrétions de Mn.

60 - 140 cm ; B - Frais, argileux, très plastique, polyédrique grossière à massive, forte effervescence, faces de glissement peu marquées, quelques grosses racines, quelques coquilles d'escargot, gris sombre, manifestations d'hydromorphie.

III.5.1.1.1.3. - Famille des sols sur alluvions fines et colluvions gréseuses

Profil type n° 37

Altitude : 130 m.

Situation : au bord de l'Oued Magasbaïa, dans une zone marécageuse

Végétation : maquis dégradé, joncs, mentha pulégium

Description :

0 - 15 cm ; A - Frais, sablo-argileux, polyédrique fine, très nombreuses racines, peu de graviers de grès à angles arrondis, quelques cailloux de grès en surface et dans l'horizon, peu cohérent, poreux, pas d'effervescence, brun très foncé, transition nette.

15 - 80 cm ; B_g - Frais, argilo-sableux à argileux, polyédrique moyenne anguleuse, taches d'oxydo-réduction ferro-manganiques, cohérent, peu de racines, très peu poreux, pas d'effervescence, brun foncé, transition progressive.

80 - 140 cm ; B_{tg} - Frais à humide, argileux, plaquettes grossières à prismatiques, très peu de racines, horizon engorgé d'eau, très peu poreux, faces luisantes, gris sombre à gris clair.

N.B. : Ce profil se trouve dans une dépression où l'eau circule en surface 6 à 7 mois de l'année, et le sable qui recouvre la zone dont le profil 37 est représentatif ne peut être qu'apporté que par l'eau de ruissellement étant donné que, topographiquement, ce profil se trouve à l'aval du Djebel d'altitude 185 m., et ce dernier est recouvert de sable jusqu'à une profondeur de 50 à 80 cm.

III.5.1.1.1.4. - Famille des sols sur colluvions argilo-gréseuses à concrétions de Mn

Profil type n° 29

Altitude : 167 m.

Situation : dépression entre deux versants

Végétation : Trèfle souterrain

Description :

0 - 9/12 cm ; A_p - Frais, argilo-sableux, polyédrique moyenne à massive (humide), gris foncé, très nombreuses racines, poreux, peu cohérent, taches d'oxydo-réduction, transition irrégulière.

9/12 - 55 cm ; B_{concrétionné} - Frais, sablo-argileux à argileux, très poreux, graveleux (grès), taches et concrétions de Mn abondantes, nombreuses racines, grosses racines mortes, l'eau suinte à 45 cm de profondeur, peu cohérent, brun à gris clair, transition nette.

III.5.1.1.1.5. - Famille des sols sur sables gréseuses à concrétions de Mn

Profil type n° 76

Altitude : 118 m.

Situation : au 1/3 inférieur du glacis

Végétation : cultures fourragères annuelles

Description : le profil est analysé

0 - 20 cm ; A_p - Frais, sableux, particulaire, brun à gris foncé, matière organique : mull-moder, très nombreuses racines, très peu cohérent, friable, taches d'oxydo-réduction ferro-manganiques, transition progressive.

20 - 40 cm ; A₁₁ - Frais, sableux, particulaire, brun clair, très peu de racines, très peu cohérent, friable, taches d'oxydo-réduction (Fe - Mn), matière organique : mull-moder, transition peu nette.

- 40 - 52 cm ; A₁₂ - Frais, sableux, particulaire, brun clair, pas de racine, l'eau suinte à la base de l'horizon, taches d'oxydo-réduction, matière^{organique} non décelable directement, transition nette.
- 52 - 76 cm ; B_g - Frais, argilo-sableux, polyédrique moyenne, pas de racines, cohérent, peu plastique, brun rougeâtre, grès altéré, bariolé, transition progressive.
- 76 - 130 cm ; B_G - Frais, argileux, polyédrique grossière à prismatique anguleux, bariolé, bleuâtre à bleu verdâtre, cohérent, pas de racines, plastique et collant, faces de glissement peu marquées.

III.5.1.1.2. - Sous-groupe : Nappe perchée

III.5.1.1.2.1. - Sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 48

Altitude : 130 m.

Situation : au 1/3 supérieur du versant

Végétation : maquis dégradé

Description : le profil est analysé

- 0 - 40 cm ; A - Frais, limono-argileux, polyédrique moyenne, matière organique du type mull-moder, brun clair, très nombreuses racines (grosses et fines), graviers et cailloux de grès très abondants en surface, très faible effervescence, cohérent, transition nette.
- 40 - 100 cm ; B_g - Frais, argileux, polyédrique à massive, taches ferro-manganiques et des taches verdâtres, jaune rougeâtre à rouge brun, peu de racines, plastique, très faible effervescence, grosses racines peu nombreuses, l'eau suinte à partir de 45 cm de profondeur, transition nette.

100 - 140 cm ; C - Frais, argileux, massif, plastique, pas de manifestations d'hydromorphie sous forme de taches.

N.B. : La présence de pseudogley, entre 40 et 100 cm seulement, explique la présence d'une nappe perchée. Ce pseudogley a tendance à évoluer en gley par la couleur verdâtre qui se manifeste dans l'horizon B_g.

III.5.1.2. - Groupe : à Amphigley

III.5.1.2.1. - Sous-groupe : Nappe perchée

III.5.1.2.1.1. - Sur colluvions argilo-gréseuses

Profil type n° 23

Altitude : 155 m.

Situation : au milieu du versant

Végétation : maquis dégradé

Description : le profil est analysé

- 0 - 7/14 cm ; A - Humide, sablo-limono-argileux, polyédrique moyenne, très riche en matière organique du type mull-moder, gris sombre, nombreuses racines fines, grosses racines peu nombreuses, très peu cohérent, manifestations d'hydromorphie sous forme de taches, transition nette et irrégulière.
- 7/14 - 35 cm ; B_g - Frais, argileux, massive, l'argile est de couleur rouge, brun rougeâtre, pas d'effervescence, cohérent, plastique et collant, nombreuses racines fines, quelques blocs de grès, bariolé, transition nette.
- 35 - 140 cm ; B_G - Humide, argileux, bleu verdâtre à verdâtre, racines peu nombreuses, faces luisantes, pas d'effervescence, polyédrique grossière à massive, faces de glissement.

IV. - POSSIBILITES DE MISE EN VALEUR DES SOLS

La fertilité générale des sols dépend de plusieurs facteurs, notamment du type de sol, du climat et de la culture précédente.

Les sols de la région de Sedjenane peuvent être tous considérés comme carencés en azote, étant donné le rapport $\frac{N_{\text{total}}}{P_{2O_5} \text{ Total}}$, calculé pour tous les profils analysés, qui est toujours inférieur à 2 (DABIN, 1978). Mais, mise à part la carence en azote (voir partie azote), le complexe absorbant, ne présentant pas de sels de sodium en surface (0 - 30 cm) (voir $\frac{Na}{T}$ sur feuilles d'analyses), est donc favorable pour une mise en culture éventuelle.

IV.1. - Action du pH

La gamme de pH, convenant à toutes cultures, est comprise entre pH 4,5 et pH 9, en-dehors de ces limites, le pH devient nocif pour toutes les cultures (communications orales DABIN, 1978 ; AUBERT, 1978). Or le pH des sols de Sedjenane est compris entre 6,3 et 8,2 sur une profondeur de 0 à 50 cm, donc ce n'est pas un facteur limitant pour l'utilisation des sols.

IV.2. - La matière organique

Le taux de matière oscille entre 0,3 et 1,8 sur les 20 premiers centimètres, ce qui représente des quantités très faibles. Donc, il faut enrichir ces sols, soit en enfouissant des engrais verts, les plus couramment utilisés en Tunisie les légumineuses, soit apporter du fumier de ferme.

A part ces considérations chimiques qui sont très importantes pour la fertilité des sols, il y a d'autres facteurs qui peuvent être déterminants pour la mise en valeur de ces sols de l'O.E.P. Sedjenane, notamment l'hydromorphie, la topographie et la texture.

IV.3. - L'hydromorphie

Pour mettre en cultures les sols de la région qui reçoivent entre 800 et 1100 mm d'eau par année agricole et présentent un problème d'engorgement temporaire à semi-permanent, il faut, avant toute action de vulgarisation, aménager des drains pour évacuer l'eau afin d'éviter un tel engorgement de ces sols pendant la saison pluvieuse.

L'installation de puits favorisera aussi l'abaissement du niveau de la nappe, surtout si ces puits sont exploités pendant la saison sèche pour faire fructifier des cultures estivales comme la tomate, le pastèque et le tabac. Mais avant d'entreprendre une telle action pour abaisser le niveau de la nappe, une étude détaillée du Génie rural doit être menée pour voir la qualité de l'eau et le débit disponible.

En ce qui concerne les nappes perchées, abondantes dans le secteur cartographié, des drains de 60 à 80 cm de profondeur suffiront pour évacuer toute l'eau, parce que le niveau de ces nappes est variable et oscille entre 40 et 60 cm.

Il est à remarquer que les exploitants de la région qui font des cultures de décrue, contribuent, indirectement, à faire baisser le niveau de la nappe par les quelques sondages (1 à 1m50 de profondeur) qu'ils font pour pomper l'eau pour les cultures estivales pratiquées dans la région.

Cependant, nous pourrions en fait représenter la zone que nous avons cartographiée, uniquement en sols hydromorphes. En effet 80 % des sols présentent des manifestations d'hydromorphie : rarement de surface, fréquemment de profondeur moyenne (30 - 60 cm). A cette contrainte (excès d'eau), s'ajoute la présence de cailloux de grès (voir carte des textures). Donc l'arboriculture se trouve compromise, généralement dans tout le secteur (hydromorphie) et plus particulièrement sur les vertisols (slikenside), et seules les cultures à enracinement superficiel peuvent convenir, tout en échappant à la présence des sels qui se rencontrent en profondeur sur une bonne partie du secteur.

IV.4. - La topographie

A l'aide du fond topographique au 1/20 000^e, nous avons délimité approximativement deux classes de pente : 0 - 10 % et 10 à 25 %.

Les vertisols, les sols bruns vertiques et les sols hydromorphes délimités par la classe de pente (0 - 10 %) occupent la majorité du périmètre cartographié. La mécanisation est possible sans grand danger.

La classe de pente 10 - 25 %, regroupant les sols bruns lessivés et quelques lambeaux de sols hydromorphes, ne permet pas d'exécuter les travaux culturaux dans de bonnes conditions et la mécanisation répétée annuellement est à éviter. Seules conviennent, pour la rétention du sol et surtout la couche arable des sols de cette classe, les cultures pastorales.

IV.5. - Textures et fertilisation

D'après la carte des textures, nous avons à peu près 40 % des sols qui sont sableux sur une profondeur de 50 cm, et 60 % des sols à texture argileuse en surface et en profondeur. Pour les premiers, il faut adapter des cultures bien définies, en apportant fréquemment des engrais et à petites doses.

Ces apports fractionnés d'engrais limitent les pertes par lessivage (sable très filtrant) et assurent une meilleure alimentation, surtout en azote, pour les cultures annuelles et pérennes.

Sur le plan structural, ces sols n'ont pas une structure très bien développée, mais ils peuvent supporter un certain piétinement si ils sont utilisés en pâtures, spéculatif qui s'impose dans la région en raison de la saison humide.

Quant aux sols à texture argileuse, ils sont très fragiles sur le plan structural, il suffit de peu de piétinement, lorsqu'ils sont gorgés d'eau, pour détruire la structure et déclencher une érosion hydrique. Donc il faut éviter le pacage des animaux quand le sol est boueux et ne les faire paître que si celui-ci est bien ressuyé. Il faut même interdire, si possible le pâturage des animaux sur ces sols, notamment les vertisols et les bruns vertiques, et les réserver uniquement pour les cultures vivrières (blé, maraîchage) et des cultures fourragères pour la fauche (Foin, ensilage).

Pour enrichir le sol de l'O.E.P. de Sedjenane et pour que tout apport azoté donne un résultat positif, il faut enrichir le sol en matière organique par les engrais verts et le fumier de ferme d'une part, et essayer d'apporter des engrais azotés moins solubles que les nitrates d'ammonium ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$), connu sous le nom commercial "d'Ammonitrite" et seul utilisé actuellement, d'autre part.

DEUXIEME PARTIE

=====

A - BUT DE L'ETUDE

=====

Dans les sols de la région étudiée, l'azote semble poser, par défaut, un problème agronomique important, et constitue ainsi un facteur limitant le développement de la production végétale. En effet, les agriculteurs de la région et les techniciens de la ferme de l'O.E.P. à Sedjenane ont constaté que durant la saison pluvieuse, la croissance des cultures fourragères se ralentit, et il apparaît souvent un jaunissement des feuilles.

Les agronomes attribuent, ces anomalies à une carence azotée donc en particulier à un lessivage des nitrates au début de la saison pluvieuse et une dénitrification induite par le passage du sol par une phase d'anaérobiose, consécutives à la stagnation de l'eau pendant plusieurs semaines. Dans le cadre de notre étude, nous avons jugé utile et même nécessaire d'élucider quelques aspects du problème dans le but de vérifier l'hypothèse avancée par les agronomes et ceci en étudiant mensuellement les teneurs du sol en azote minéral (NH_4 et NO_3) à différentes profondeurs.

D'ores et déjà, nous savons que l'activité enzymatique est conditionnée par plusieurs facteurs, entre autre la température, facteur déterminant de la vie microbienne dans le sol. C'est pour cela que nous nous sommes intéressé à l'étude des températures dans le sol et à différentes profondeurs (5, 10 et 15 cm), dans l'intention de voir s'il y a, pendant une période de l'année, des températures de l'ordre de 7 à 10°C, moyenne au-dessous de laquelle l'activité enzymatique est inhibée et il y a par conséquent arrêt de la minéralisation.

Cependant, l'examen du tableau 8, montre qu'un tel seuil de température n'est atteint que rarement, sauf celles du mois de Janvier de l'année 1978, où nous avons enregistré des températures égales et inférieures à 5°C, mais de courte durée (2 à 3 jours/mois). En effet, de telles oscillations des températures dans le sol perturbent énormément la vie microbienne dans le sol et entravent la bonne minéralisation de la fumure organique (matière organique).

B - BIBLIOGRAPHIE

=====

I - INTRODUCTION

L'azote est l'élément constitutif de la plante. Il est un des principaux éléments nécessaires à la vie dans le sol, le plus important après le carbone. La réserve principale est la lithosphère (98 % de l'azote total) et non l'atmosphère.

Cependant la concentration des formes assimilables (ammonium, nitrates, composés organiques simples) est souvent limitante pour la croissance de la très grande majorité des êtres vivants.

La transformation des formes organiques en ammoniac et ensuite en nitrates a fait l'objet de nombreux travaux et est fort bien connue. L'étude du rôle des microorganismes, l'influence des facteurs chimiques et physiques du sol et des facteurs pédoclimatiques, étudiés souvent au laboratoire, ont permis une meilleure connaissance des mécanismes des différentes étapes de la minéralisation de l'azote (BILLES, 1971).

Les observations que nous présentons ici ont pour but de faire une approche de la dynamique saisonnière de la minéralisation de l'azote dans une unité pédologique bien définie (vertisol) de la région des Mogods (O.E.P. - Sedjenane).

Tout d'abord, nous remarquons que les sources d'azote sont nombreuses, de même que les pertes, d'où le cycle de l'azote.

II - CYCLE DE L'AZOTE

Les sources d'azote dont les plantes disposent sont :

- L'azote minéralisé à partir de l'humus et des résidus végétaux.
- L'azote résiduel de la fumure précédente.
- L'azote de l'engrais.
- L'azote des déjections animales.
- Eventuellement l'azote atmosphérique par voie microbiologique.
- Nitrates dans les eaux de pluie.

Les pertes d'azote qui peuvent avoir lieu sont causées par le lessivage, les dénitrificateurs, et le départ dans l'atmosphère sous forme de NH_3 .

En effet, dans l'écosystème sol-plante, les transformations cycliques des composés azotés par la microflore ont une très grande importance :

- dans l'équilibre entre formes assimilables et formes non-assimilables par les plantes
- dans les apports d'azote (fixation de l'azote moléculaire, minéralisation de l'azote organique)
- dans les exportations (nitrification, dénitrification).

La figure ci-après schématise le cycle de l'azote dans cet écosystème et l'intervention des microorganismes.

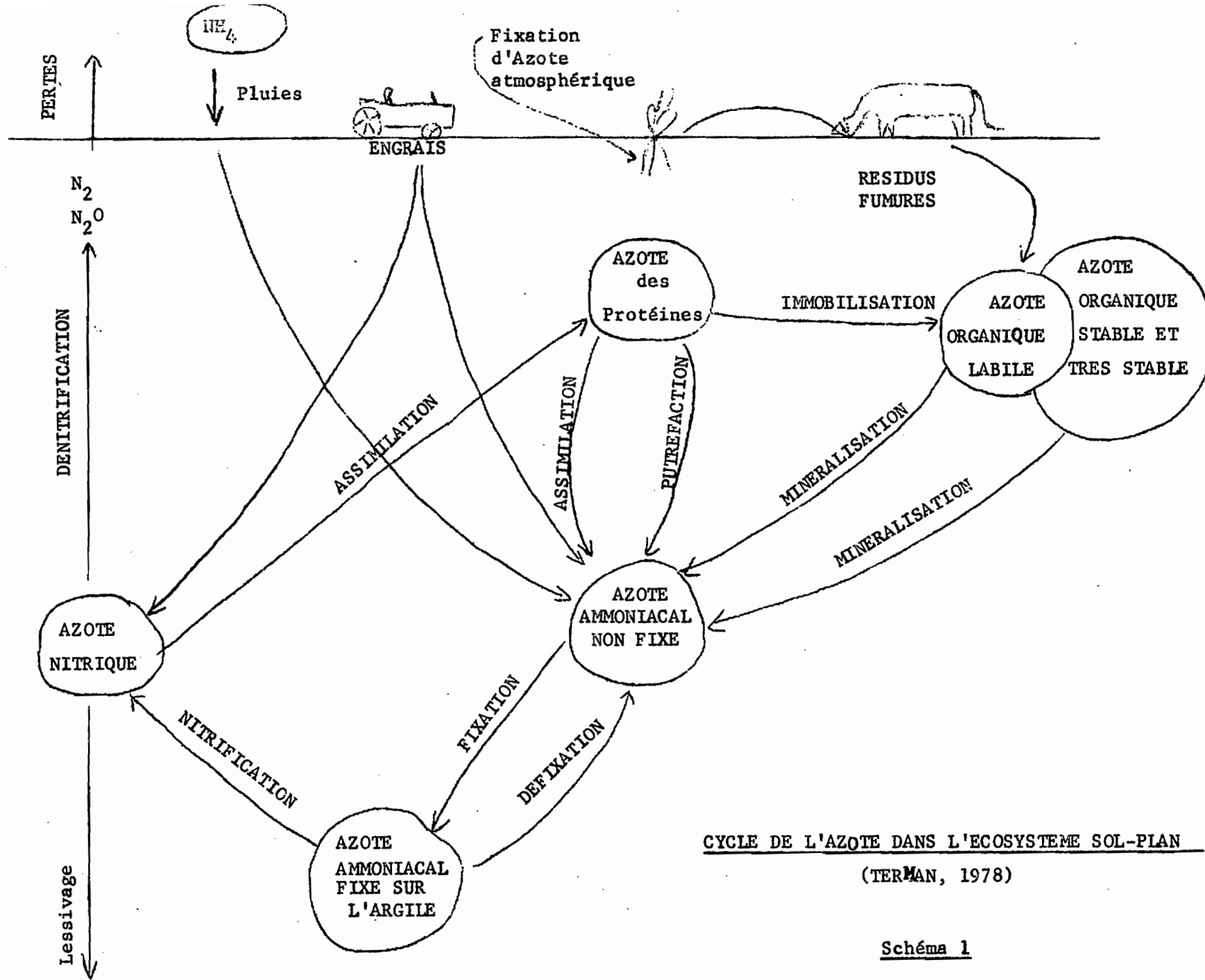
D'après ce schéma, nous recevons plusieurs formes d'azote dans l'écosystème sol-plante.

- Une partie de l'azote formé est absorbée par les racines des plantes.
- Une partie de l'azote formé est retenue par les agrégats du sol.
- Une partie de l'azote formé est immobilisée dans les protéines constitutives du cytoplasme bactérien.
- Une fraction retourne au sol sous forme de litière et cadavres bactériens.

Inversément, l'azote peut être exporté sans possibilité de restitution :

- * soit par un processus biologique de dénitrification
- * soit par des processus non biologiques : entraînement en profondeur par les eaux de pluie, et volatilisation sous forme d'ammoniac (NH_3).

Ce rappel schématique du cycle de l'azote dans le sol montre bien toute l'importance du problème de minéralisation de l'azote en tant que critère de son activité biologique mais aussi en tant que facteur trophique.



CYCLE DE L'AZOTE DANS L'ECOSYSTEME SOL-PLAN
(TERMAN, 1978)

Schéma 1

De ces différentes formes d'azote dans le sol, nous nous sommes intéressé à deux d'entre elles, la forme ammoniacale (NH_4^+) et la forme nitrique (NO_3^-).

Certes, le choix de l'étude de ces deux formes ne résout pas le problème de l'azote dans la région des Mogods, néanmoins il nous a permis de faire une approche globale (voir discussion), mais il est adéquat, dans ce sens que c'est sous ces deux formes que l'azote est absorbé par les plantes.

L'étude est incomplète parce que nous n'avons pas établi un bilan de l'azote, et pour cause. En effet, nous n'avons pas pu contrôler les formes d'azote perdues, surtout par volatilisation, ni les formes retenues par les agrégats et absorbées par les plantes.

4.4 - MINÉRALISATION DE L'AZOTE ORGANIQUE

La minéralisation se déroule en deux étapes principales : l'ammonification suivie de la nitrification qui peuvent avoir des amplitudes différentes au cours du temps et qui induisent une production plus ou moins grande d'azote ammoniacal ou nitrique (BILLES, 1971).

La plus grande partie du stock d'azote se trouve dans le sol sous forme organique, plus ou moins labile (voir cycle de l'N). Sous cette forme, il n'est pas, pour l'essentiel, assimilable directement par les micro-organismes ou les plantes.

Les constituants azotés des débris végétaux ou animaux, ou des micro-organismes morts, sont décomposés par la microflore avec libération d'acides aminés et de bases azotées. Ces composés plus simples sont à leur tour attaqués par fermentation ou oxydation. La décomposition anaérobie (putréfaction) ne produit pas en général d'ammoniaque, mais des acides aminés, qui sont ensuite oxydés avec production de CO_2 et d'ammoniaque.

L'ammonification aérobie est le processus le plus important dans le sol.

III.1. - Ammonification

L'ammonification est une fonction banale de la microflore bactérienne et fongique, intervenant à des conditions très variées de pH, d'humidité ou de température. Par exemple, l'optimum de pH étant la neutralité, l'ammonification reste active entre pH 3,5 et 9,5, donc dans une gamme de pH couvrant la majorité des sols.

De même, l'ammonification se produit aux très basses teneurs en eau ($pF > 4,9$) (BALDENSPERGER, 1978).

Les bactéries ammonifiantes les plus connues se trouvent dans les genres *Bacillus*, *Proteus*, *Micrococcus* et *Pseudomonas*.

Les champignons (*Aspergillus*) semble jouer un rôle plus important dans les sols tropicaux acides.

Les germes ammonifiants sont très abondants, ils peuvent former 20 % de la microflore totale du sol.

III.1.1. - Devenir de l'azote ammoniacal dans le sol

L'azote ammoniacal non fixé, produit par ammonification ou putréfaction, est un composé intermédiaire dans le cycle de l'azote.

Il a plusieurs destins possibles :

III.1.1.1. - Assimilation : c'est la forme qui nous intéresse le plus, une partie de la forme ammoniacale est absorbée par la microflore pour ses synthèses, et elle est, en effet, préférée à la forme nitrique.

Il en est de même pour les racines des plantes qui absorbent davantage l'azote ammoniacal que nitrique. Cette différence est due en particulier au caractère électronégatif des cellules jeunes de la racine.

Dans les sols acides, au contraire, il semble que la forme nitrique soit absorbée plus facilement, les cellules portent une charge positive (HATTORI, 1973).

III.1.1.2. - Lessivage et volatilisation : Les pertes sont faibles, l'ammonium libre étant rapidement fixé ou adsorbé.

III.1.1.3. - Fixation par les argiles : L'ammonium peut être fixé à l'intérieur du réseau cristallin, il est alors inaccessible pour l'assimilation ou la nitrification.

III.1.1.4. - Immobilisation sous forme organique : L'ammonium peut être combiné sous forme organique dans les noyaux aromatiques précurseurs des substances humiques (DABIN, cours ORSTOM).

L'azote est progressivement libéré au rythme de la dégradation de la matière organique dans laquelle il est fixé.

III.2. - Nitrification

La nitrification, c'est-à-dire l'oxydation de l'ammonium en nitrate, est réalisée en deux étapes par deux groupes distincts de bactéries autotrophes. L'intervention des hétérotrophes, et en particulier des champignons, est certaine mais il est difficile d'établir leur rôle quantitatif dans le sol.

Les bactéries nitrifiantes ont été étudiées depuis près d'un siècle par WINOGRADSKY, qui établit que les deux types de bactéries nitrifiantes utilisent le CO_2 comme seule source de carbone et respectivement l'ammoniaque et le nitrite comme source d'énergie.

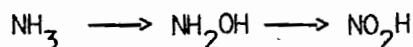
Les nitrificateurs, plus spécifiques que les ammonificateurs, exercent leur activité pour une gamme de température plus restreinte.

La nitrification est pratiquement nulle jusqu'à 4°C, elle atteint son maximum à 28°C puis baisse rapidement à 37 - 40°C, au-delà de cette température l'activité est arrêtée (BILLES et al., 1970).

III.2.1. - Oxydation de l'ammonium en nitrite

La taxonomie des espèces oxydant l'ammonium est encore controversée, certains caractères morphologiques n'étant observables que dans des conditions particulières de culture. On distingue principalement les genres Nitrosomonas, Nitrocystis, Nitrococcus et Nitrosospira qui ont été isolés du sol comme des eaux douces et marines (BALDEN-SPERGER, 1978).

De façon schématique, le premier intermédiaire de l'oxydation est l'hydroxylamine, qui est ensuite oxydée en nitrite sans qu'un composé intermédiaire avant le nitrite ait été mis en évidence de façon certaine (KNOWLES, 1978).



III.2.2. - Oxydation du nitrite en nitrate

Le principal germe responsable est Nitrobacter, mais d'autres germes ont été décrits (Nitrospira, Nitrococcus). Ces bactéries sont hétérotrophes facultatives, mais la croissance sur carbone organique est plus lente que sur CO_2 . On ne connaît donc que peu d'espèces de bactéries oxydant le nitrite dans le sol.

III.2.3. - La nitrification dans le sol

Les germes nitrifiants ne sont jamais très abondants dans le sol, ce qui est probablement dû à leur faible taux de croissance et à leur exigence pour des quantités importantes d'ammonium ou de nitrite comme source d'énergie. Ils sont alors peu compétitifs par rapport à la microflore hétérotrophe contingente qui bien que moins active peut jouer un certain rôle dans la nitrification dans le sol.

Les conditions optimales pour l'activité et la croissance des bactéries nitrifiantes sont aussi celles qui favorisent la croissance des plantes : bonne aération, pH voisin de la neutralité, apports d'azote. Il a donc été envisagé d'utiliser comme indice de fertilité le nombre de bactéries nitrifiantes du sol, et comme taux de nitrification le rapport :

$$\frac{\text{N-NO}_3}{\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3} = \text{taux de nitrification (BILLES, 1970)}$$

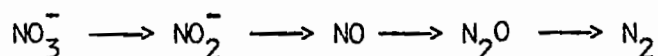
En culture pure, le pH optimum est voisin de 7, mais la nitrification est encore active dans un sol à pH 5.

Aux pH alcalins, l'oxydation du nitrite est proportionnellement plus ralentie que l'oxydation de l'ammonium, ce qui peut entraîner une accumulation de nitrite très toxique pour les plantes.

Les bactéries nitrifiantes sont aérobies strictes, la nitrification se produit donc surtout dans les sols bien aérés (BALDENSBERGER, 1978).

III.3.1. - Etapes Intermédiaires et les germes responsables

Les études enzymologiques sur plusieurs genres ont montré que le nitrate est réduit en azote en plusieurs étapes :



La dénitrification est une voie respiratoire alternative qui permet éventuellement en l'absence d'oxygène de transférer les électrons au nitrate ou aux autres composés intermédiaires (KNOWLES, 1978).

Une dizaine de germes anaérobies strictes et fermentaires ont été décrits comme dénitrifiants facultatifs. Ces bactéries possèdent un nitrate réductase pour le transfert des électrons au nitrate si celui-ci est présent, l'accepteur principal étant le fumarate (COOHCHCHCOOH) pour la fermentation.

Nous rencontrons deux phases de réduction :

- Réduction du nitrate qui peut soit aller jusqu'au stade de l'azote soit jusqu'à l'accumulation de nitrite ou de N_2O
- Réduction du nitrite, de l'oxyde nitrique ou de l'oxyde nitreux.

III.3.2. - Dénitrification dans le sol

L'ensemble des dénitrifiants présents dans le sol peut ainsi mener à son terme la réduction en azote du nitrate. Un groupe se rattachant à *Pseudomonas fluorescus* semble particulièrement abondant.

L'activité dénitrifiante du sol dépend essentiellement des facteurs physico-chimiques, en particulier de la tension d'oxygène, du degré d'humidité et de la teneur en carbone organique.

A pH 5,1 ; la dénitrification ne se produit qu'en dessous d'un potentiel redox + 338 mV. Les sols submergés constituent donc un milieu particulièrement favorable. Les nitrates formés par nitrification des engrais ammoniacaux dans la zone en contact avec l'eau de submersion et qui reste oxydante par suite de la production d'oxygène des algues diffusent en profondeur où ils peuvent être réduits par la microflore dénitrifiante. La succession submersion-assèchement crée également des conditions favorables. La perte d'azote a été estimée entre 20 et 50 % de l'engrais ajouté (BALDENSBERGER, 1978, ORSTOM). En sol acide, le nitrite ne s'accumule pas, nous avons plutôt une accumulation d'oxyde nitrique et d'oxyde nitreux. On note également que la dénitrification est moins active dans les sols salés.

IV - INTERACTION ENTRE NITRIFICATION, DENITRIFICATION ET FIXATION

Ces trois processus sont en fait couplés dans le sol par le jeu d'intermédiaires communs, comme le montre le schéma 3 :

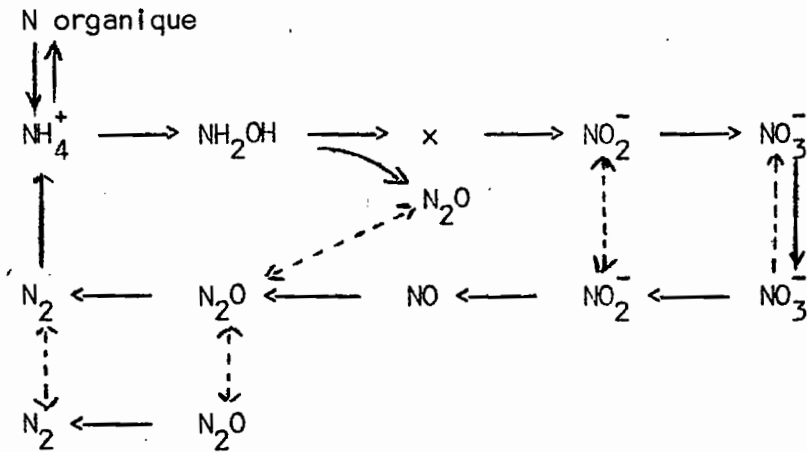


Schéma 3 - (KNOWLES, 1978)

-----> passage de chaque intermédiaire d'un processus à l'autre

Dans le cas de la nitrification et de la dénitrification les différents intermédiaires pouvaient s'accumuler suivant les conditions physico-chimiques. Le couplage est alors possible (TAKAT, 1973) :

- soit successivement dans le temps (alternance submersion - assèchement)
- soit par échange entre microniches situées de part et d'autre d'une interface aérobie - anaérobie, c'est le cas généralement des agrégats argilo-humique (schéma n° 2).

L'activité fixatrice d'azote ne se manifeste pas uniquement au niveau de la réduction d' N_2 en NH_3 , mais également par la réduction du N_2O en N_2 .

V - RESUME

L'ammonification et la nitrification ont, pour une même température du sol, un optimum pour les humidités comprises entre pF 3,3 et pF 2,7 (BILLES, 1971). Nous observons également une minéralisation de l'azote organique jusqu'au stade des nitrates pour des conditions extrêmes de sécheresse (TAKAT, 1973), mais néanmoins c'est la nitrification qui est la plus affectée par le manque d'eau, ce qui peut entraîner une accumulation de l'azote ammoniacal comme le signalent DOMMERGUES et MANGENOT (1970).

Certes, il est difficile de mettre en évidence in situ toutes les interactions, néanmoins elles jouent probablement un grand rôle dans l'équilibre entre les différents états d'oxydation de l'azote dans le sol.

Cependant le comportement de la microflore ammonifiante et nitrifiante, au cours de l'année, est principalement fonction des variations du pédoclimat.

Les basses températures, ainsi que des humidités correspondantes à des pF supérieurs à 4,2 ou inférieurs à pF 2,7 ralentissent considérablement la capacité minéralisatrice. Par contre, les températures élevées et les humidités comprises entre pF 3,3 et pF 2,7 la favorisent (BILLES et al., 1971).

C - PROTOCOLE EXPERIMENTAL

I - GENERALITES

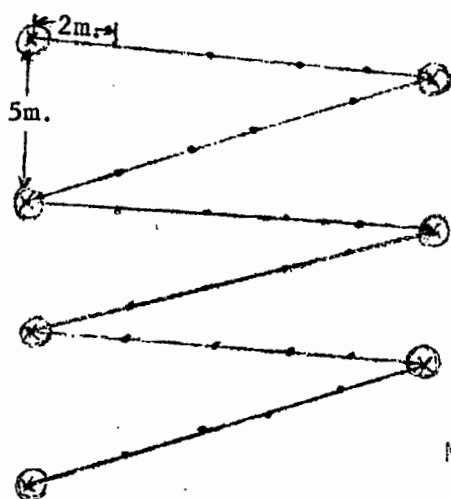
Le dosage de l'azote minéral dans les sols a été étudié par plusieurs auteurs et de différentes manières. Chaque méthode se prête pour un dosage bien déterminé et pour des cas bien précis. Nous citons brièvement la méthode de LUBOCHINSKY-ZALTA qui est une mise au point en micro-méthode de la réaction NH_4^+ - Phénol découverte par BERTHELOT (1859). Une adaptation méthodologique intéressante a été faite par la suite par CONWAY, méthode permettant de travailler dans des milieux complexes.

Pour le dosage des nitrates, nous avons retenu également le dosage colorimétrique employant un alcaloïde qui est la brucine.

L'azote total est dosé aussi par colorimétrie, mais son extraction est faite par l'attaque Kjeldahl, cette méthode consiste en une attaque acide à chaud par l'action de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré en présence de catalyseur (voir détail de la méthode).

II - PLAN DE PRELEVEMENT

L'étude de l'évolution mensuelle des teneurs du sol en NH_4^+ et NO_3^- a été précédée par la détermination de la dispersion de l'azote dans le sol. Le mode de prélèvement des échantillons de terre adopté est celui préconisé par JACKSON (1972).



- . Prélèvement pour azote NO_3^- et NH_4^+
- O Prélèvement pour azote total
- X Prélèvement pour humidité

Mode de prélèvement
(JACKSON - 1972)

Nous prélevons périodiquement :

- 60 échantillons : 30 échantillons entre 0-10 cm, et
30 échantillons entre 60-80 cm
les prélèvements s'effectuent tous les deux mètres.
Sur ces échantillons seront déplacés les nitrates et l'azote ammoniacal.
- 8 échantillons pour suivre éventuellement l'évolution de l'azote total.
- 7 échantillons pour déterminer l'humidité du sol au moment du prélèvement.

III - MATERIELS

Le matériel nécessaire pour le dosage des ions nitrates et des ions ammonium se compose essentiellement :

- Des bocaux de 250 ml.
- Des tubes en verre de 50 ml, rincés après usage à l'eau distillée, pour le dosage des ions ammonium (NH_4^+).
- Des tubes en plastique et un portoir pour le dosage des ions nitrates (NO_3^-). Ces tubes, une fois prêts, sont portés au bain-marie bouillant pendant 20 minutes.
- Colorimétrie : Il faut étalonner l'appareil et se fixer une sensibilité bien déterminée avant d'entamer le dosage en série.

Remarque : Tout le matériel utilisé pour de tels dosages précis ($\text{N}_{-\text{NO}_3^-}$ et $\text{N}_{-\text{NH}_4^+}$) doit être tenu propre et à l'abri de toute contamination surtout en azote ammoniacal.

IV - CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DU MATERIEL D'ETUDE

IV.1. - Description du profil

- Végétation : prairie permanente de Fétuque
- Lieu : le profil est situé au milieu d'une cuvette (bas fond)
à 1m30 d'altitude.
- Profil : Il est composé de 4 horizons sur une profondeur de 1m50.
 A_p , A , B ca , B gypseux diffus (B_v).

- 0 - 10 cm - A_p - structure polyédrique moyenne à sous-structure grumeleuse à angle vif, argile plastique, pas d'effervescence, très nombreuses racines fines, peu cohérent, peu poreux.
Brun gris très foncé (10 YR 2/2), fentes de dessiccation de 40 à 90 mm, transition progressive.
- 10 - 70 cm - A - structure polyédrique moyenne à prismatique délimitée par des fentes de dessiccation de 30 à 50 mm, argile plastique, pas d'effervescence, très nombreuses racines fines, peu cohérent, faces luisantes, peu de graviers.
Brun gris foncé (10 YR 4/2), peu poreux, transition peu nette.
- 70 - 115 cm - B_{ca} - structure polyédrique mal définie à débit en plaquettes moyenne à angles vifs, faces de glissement et luisantes, faible effervescence, racines peu nombreuses, mottes très peu poreuses, graviers roulés, très peu poreux. Nodules calcaires, brun gris sur fond jaune pâle, cohérent, plastiques - transition peu nette.
- 115 - 150 cm - B_v - horizon gypseux, plaquettes grossières se débitant en feuillets, argile peu plastique, très peu de racines, filons de gypse très friables, cohérent, très peu poreux.
Jaune pâle mélangé avec un gris très foncé.

Remarque :

Les horizons B_{ca} et B_{gypseux} se distinguent par la couleur et la présence du calcaire sous forme de poudre dans l'un et du gypse sous forme de filons très friables dans l'autre.

IV.2. - Données analytiques du profil

Pour compléter cette description succincte du profil, nous en donnons un résumé des principales caractéristiques analytiques (tableau n°9).

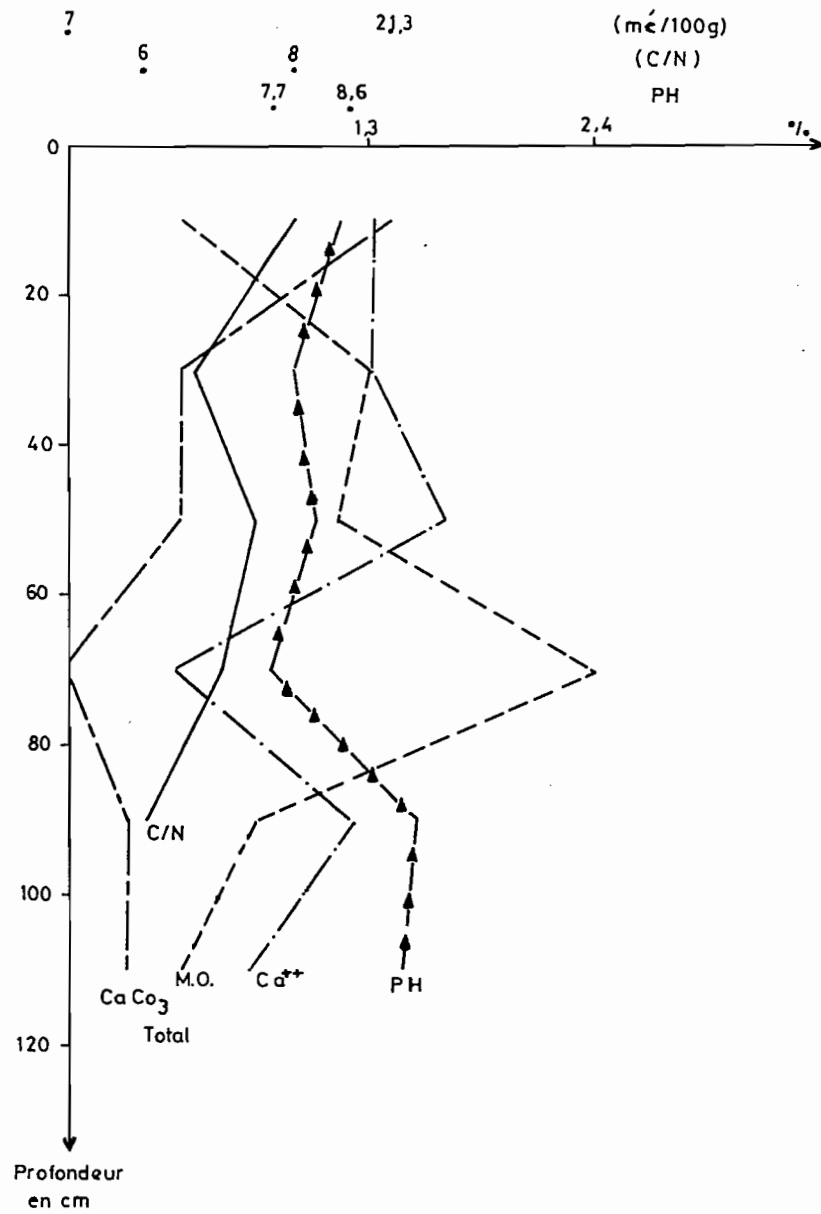


Fig:1 Profils de quelques caractéristiques chimiques du vertisol

Tableau n° 9 Caractéristiques analytiques du matériel d'étude

Profondeur en cm	Granulométrie en %					CaCO ₃ % total	M.O. %	Humidité %	C%	N%	C/N	pH	C.E. mmhos/ cm
	S.G.	S.F.	L.G.	L.F.	A								
0 - 20	0,5	2,0	7,5	35,5	50,5	3	1,3	22,80	0,8	0,10	8	8,6	0,6
20 - 40	0,5	2,0	7,5	34,0	53,0	1	1,8	21,38	1,0	0,15	6,6	8,0	0,6
40 - 60	0,5	3,0	7,5	34,0	51,5	1	1,7	21,13	0,9	0,12	7,5	8,3	0,6
60 - 80	0,5	2,0	12,0	31,5	50,5	0	2,4	19,65	1,4	0,20	7,0	7,7	0,6
80 - 100	0,5	2,5	8,0	34,5	51,0	0,4	1,5	25,75	0,9	0,15	6	8,6	0,9
100 - 120	0,5	3,0	7,5	36,0	50,0	0,4	1,3	19,74	0,8	0,07	11	8,4	1,8

Profondeur en cm	Bases échangeables en mē/100 g					Na/T %	Fer total Fe ₂ O ₃ %	Fer libre Fe ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ total % ppm	P ₂ O ₅ ass. ppm	Gypse
	Ca	Mg	N	K	T						
0 - 20	21,3	7,0	2,6	0,5	31,4	8,0	5,7	3,1	855	10,0	trace
20 - 40	20,8	7,9	1,1	0,4	30,4	4,0	6,0	3,2	800	0,0	"
40 - 60	25,1	8,7	1,5	0,5	35,5	4,0	5,7	3,2	800	0,0	"
60 - 80	7,4	25,4	1,3	0,4	34,7	3,7	6,0	3,1	925	10,0	"
80 - 100	19,3	6,2	2,8	0,5	29,0	10	5,7	3,2	830	0,0	"
100 - 120	12,0	3,6	3,6	0,4	19,7	18,0	5,7	3,2	830	0,0	"

Du tableau d'analyse du profil, il se dégage les points suivants :

- Une texture argileuse.
- Une conductivité électrique croissante de la surface vers la profondeur pour atteindre 1,8 mmhos/cm.
- Un rapport $\frac{Na}{T}$ qui augmente énormément en profondeur et fait de ce profil un sous-groupe à alcali de profondeur ($\frac{Na}{T} = 18\%$, C.E. = 1,8 mmhos/cm).
- Un horizon d'accumulation de matières organiques (60-80 cm). Ceci s'est traduit par un abaissement du pH (de 8,7 en surface à 7,7 à 60/80 cm).
- Une matière organique se minéralisant probablement mal
- Une capacité d'échange constante tout le long du profil, et elle est de l'ordre de 30 mé/100 g. Cette capacité d'échange laisse croire que le type d'argile n'est pas seulement une montmorillonite, laquelle a une capacité d'échange de l'ordre de 100 mé/100 g., donc il y a d'autres argiles à faible capacité d'échange. D'où une étude aux R.X. et à l'A.T.D. mérite d'être faite pour reconnaître ces argiles.

En résumé :

Le sol est un vertisol modal, basique, peu riche en matière organique, ce qui se traduit par le faible taux d'azote total (1 ‰ à 0,7 ‰). L'accumulation de Mg (25,4 mé/100 g) entre 60 et 80 cm n'est qu'une caractéristique des vertisols (G. AUBERT).

V - DETERMINATION DU NOMBRE (n) DE REPETITION

Nous avons échantillonné sur les trois types de sols suivants :

- Vertisol sur argile faiblement calcaire (A)
- Brun lessivé hydromorphe sur colluvions argilo-gréseuses (B)
- Brun sur sable (C).

De chaque sol nous avons pris 20 échantillons au hasard, sur lesquels, après traitement, ont été déterminés l'azote ammoniacal et l'azote nitrique (voir principe du dosage plus loin).

Cette étude a pour objectif de voir la dispersion de l'azote dans chacun des sols sus-cités, et les comparer éventuellement entre eux.

Pour déterminer le nombre n , nous avons appliqué la formule statistique suivante :

$$n = a \times \frac{\sigma^2}{\bar{x}^2} \times \frac{1}{d^2}$$

n = nombre de répétition

a = variable, fonction de l'intervalle de confiance

σ^2 = variance, supposée connue, mais en fait elle a été estimée par prélèvement préalable d'un échantillon de taille jugée élevée

\bar{x} = moyenne

d = degré de précision

Cette formule nous donne la taille de l'échantillon à prélever pour estimer (avec un intervalle de confiance défini d'avance) la moyenne du taux d'azote ammoniacal et du taux d'azote nitrique avec une précision de $x\%$.

L'application de cette formule suppose un échantillon aléatoire simple et indépendant, c'est-à-dire que la taille des trous est négligeable par rapport à la superficie totale de la parcelle.

De cette étude, une première conclusion a pu être tirée. Les sols A et B se sont montrés similaires du point de vue dispersion de l'azote ammoniacal et l'azote nitrique. En effet, pour un même intervalle de confiance et un degré de précision connu, nous avons trouvé presque le même nombre n de répétitions à faire à chaque fois ; comme le montre le tableau ci-après :

n	Degré de précision	
	0,05	0,1
n_A	216	51
n_B	207	54

Cependant, nous nous sommes donc limité au sol^A, pour suivre l'évolution de l' $N_{-NO_3^-}$ et l' $N_{-NH_4^+}$, du fait de sa situation topographique, de son engorgement temporaire et en plus c'est là où il y a des carences en azote.

V.1. - Etude statistique

Sur le vertisol modal (voir description du profil), nous avons repris le calcul du nombre n, en faisant cette fois-ci, 30 prélèvements suivant le plan de prélèvement.

Une fois traités les échantillons, sur les filtrats seront dosés les ions ammoniums et les ions nitrates (voir tableau n° 10).

ppm NH_4^+	15,7 - 4,21 - 5,94 - 5,37 - 4,68 - 6,39 - 4,92 - 5,59 - 6,02 - 4,92
	6,12 - 7,14 - 4,51 - 3,30 - 21,88 - 6,98 - 6,25 - 7,17 - 2,74 - 8,41
	15,32* - 18,52* - 11,03* - 14,57* - 4,11 - 11,08 - 5,61 - 5,15 - 7,20 - 7,22

sachant que $n = a \times \frac{\sigma^2}{\bar{x}^2} \times \frac{1}{d^2}$, et d'après les résultats du tableau précédent, nous pouvons calculer le nombre n de prélèvements à faire à chaque fois.

a) Intervalle de confiance 95 %

1er cas : 28 valeurs

$n = 428$ répétitions pour $d = 0,05$

$n = 107$ répétitions pour $d = 0,1$

2ème cas : 24 valeurs

n = 169 répétitions pour d = 0,05

n = 72 répétitions pour d = 0,1

b) Intervalle de confiance 90 %

Pour 24 valeurs :

n = 42 répétitions pour d = 0,05

n = 28 répétitions pour d = 0,1

Etant donné les difficultés matérielles, nous prenons n = 28; pour un Intervalle de confiance de 90 % et un degré de précision 10 %.

Ce prélèvement est effectué mensuellement à deux profondeurs différentes : (0-10) cm et (60-80) cm, donc 60 échantillons à traiter à chaque fois.

V.2. - Remarque

. Pour le calcul statistique, nous avons pris 28 valeurs et 24 valeurs. Dans le 1er cas, nous avons tenu compte des 4 échantillons* qui étaient traités après 48 heures de contact entre échantillon et réactif d'extraction. Alors que pour le 2ème cas, le calcul n'a tenu compte que de 24 valeurs qui étaient traitées dans les mêmes conditions.

. Un contact de 48 heures entre échantillon et réactif d'extraction (K_2SO_4 0,5 N) augmente la solubilité des ions ammoniums (NH_4^+). Cette première tentative nous conduira à étudier de près l'influence de la durée de contact entre échantillon et réactif d'extraction (voir mise au point de la méthode).

* échantillons traités après 48 heures de contact avec le réactif d'extraction

VI. - METHODOLOGIE

VI.1. - Au laboratoire

Dans des bocaux de 250 ml, nous mettons 100 cm³ de K₂SO₄ 0,5 N, ce sulfate de potassium remplace le chlorure de potassium (KCl 0,5 N).

- Voir mise au point de la méthode -

VI.2. - Sur le terrain

Nous ajoutons dans ces bocaux approximativement 60 à 80 gr de terre fraîche (cuillère à soupe pleine), puis nous fermons hermétiquement les bocaux. Ceux-ci sont gardés à l'obscurité et ramenés le plus rapidement possible au laboratoire pour les stocker à 4°C.

L'activité enzymatique du sol, entre le prélèvement et le traitement des échantillons est arrêtée par l'adjonction d'une goutte de chloroforme au liquide d'extraction contenu dans les bocaux, et ceci avant d'aller sur le terrain (DAVIES et al., 1940 ; CURRINGHAM, 1962).

VI.3. - Traitements : Les bocaux sont remués avant mise en agitation.

VI.3.1. - Agitation

L'extraction de l' $\text{N}_{-\text{NH}_4^+}$ et l' $\text{N}_{-\text{NO}_3^-}$ doit être faite dans

un délai ne dépassant pas 24 heures de stockage (voir détail ci-après), donc le plus rapidement serait le mieux.

La durée d'agitation n'a pas d'influence sur les quantités d' $\text{N}_{-\text{NH}_4^+}$ et d' $\text{N}_{-\text{NO}_3^-}$ extraites, mais elle ne doit pas être inférieure à une heure, mais au-delà d'une heure d'agitation la quantité d'ammonium extraite est presque identique à celle extraite après 4 heures et plus d'agitation, ainsi de même pour les nitrates.

VI.3.2. - Filtration

La filtration est faite dans des tubes en plastique bien lavés à l'eau distillée. Les filtrats sont stockés au réfrigérateur à 4°C, sur lesquels seront dosés les ions nitrates et les ions ammoniums.

La terre retenue par les filtres est remise dans les bocaux, lesquels sont séchés, pendant 24 heures, à l'étuve à 105°C pour déterminer le poids de la terre sèche qui a servi à la détermination de ces ions.

VII - MISE AU POINT DE LA METHODE

VII.1. - Réactifs d'extraction

La première extraction est faite avec le chlorure de potassium (KCl 0,5 N) sur les filtrats, nous avons dosé les ions nitrates et les ions ammoniums en employant les réactifs respectifs à chaque type d'azote (voir principe du dosage).

Après refroidissement des tubes contenant les ions nitrates et avant le délai d'une heure (entre bain-marie et colorimètre), les échantillons étaient colorimétrés, ainsi que la gamme étalon préparée dans ce sens.

VII.2. - Colorimétrie

Pour la gamme étalon, nous n'avons rien à signaler, alors que pour les échantillons, nous avons constaté que les solutions, après bain-marie, deviennent troubles et l'aiguille du colorimètre dérive toutes les minutes pour le même échantillon gardé dans la cuve de celui-ci.

La lecture pour un même échantillon, mis dans la cuve du colorimètre (sensibilité 0,2), varie toutes les minutes, comme le montre le tableau n° 11 :

Tableau 11

Temps	Absorbance ou D.O.
11h10'	36
11h13'	41
14'	43,5
15'	45
16'	47
17'	49
18'	52
19'	55
20'	58
21'	61
22'	64
23'	66,5

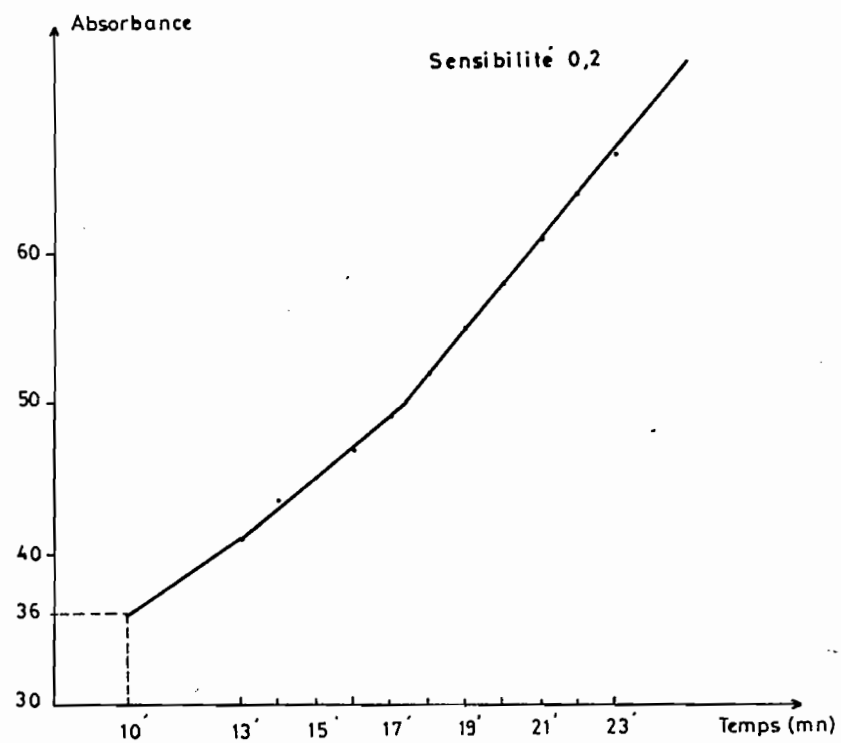
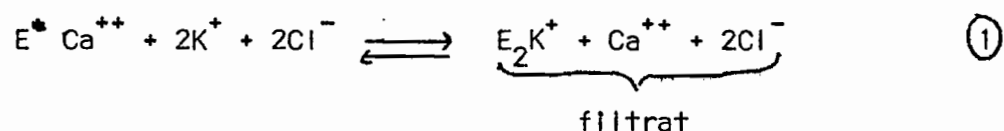


Fig:2 Variation de l'absorbance, en fonction du temps, d'un échantillon gardé dans la cuve du colorimètre

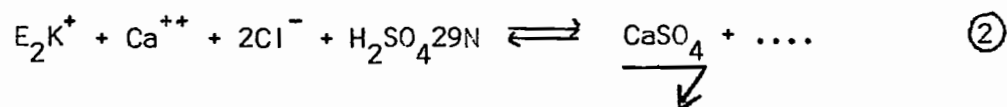
L'examen de la courbe 2 et du tableau n° 11 montre que la colorimétrie des nitrates extraits au chlorure de potassium 0,5 N, n'est plus possible.

Cette absorbance croissante ne peut être due qu'à des phénomènes de nucléation et précipitation progressive (allure de la courbe est une droite).

Il y a un déplacement des ions Ca^{++} par le K^+ venant du KCl 0,5 N et l'équation d'équilibre s'écrit :



E^* : échantillon de terre



C'est ce gypse qui précipite et gêne la colorimétrie.

VII.3. - Action des chlorures

La présence des chlorures (KCl) augmente la solubilité du gypse (Pouget, 1969), et émettent dans le filtrat des ions Ca^{++} qui précipitent sous forme de sulfate de calcium en présence d'un excès des ions sulfates.

Dans notre dosage, les ions sulfates sont apportés par l'acide sulfurique (H_2SO_4) qui est à la concentration 29 N.

Le produit de solubilité (K_{ps}) du sulfate de calcium est égale au produit des activités des ions calcium (Ca^{++}) et des sulfates (SO_4^{--})

or l'activité (a) d'un ion est égale au produit de sa concentration (c) par le coefficient d'activité correspondant (f) (Pouget, 1969).

$$a = c \cdot f$$

$$\text{d'où } K_{ps} = a \cdot \text{Ca}^{++} \cdot a \cdot \text{SO}_4^{--}$$

$$\text{d'où } a \cdot [\text{Ca}^{++}] = \frac{K_{ps}}{a \cdot \text{SO}_4^{--}} \quad (3)$$

De l'équation 3, nous constatons que l'apport des ions sulfates bloque en partie la solubilité des ions Ca^{++} , étant donné que K_{ps} est une constante.

VII.4. - Action des sulfates

Sachant que la présence des ions communs au sulfate de gypse diminue la solubilité de ce dernier, et émet peu de Ca^{++} dans la solution extraite (équation 3) ; donc l'emploi d'un réactif d'extraction comme le sulfate de potassium (K_2SO_4) est une correction de l'anomalie constatée par l'emploi du KCl.

La présence des ions SO_4^{--} en quantité importante, augmente le dénominateur de l'équation 3 ; K_{ps} restant constant, nous diminuons indéniablement la quantité des ions Ca^{++} dans le filtrat (voir tableau n° 12).

Nous pouvons présumer qu'une part des ions Ca^{++} désorbés du complexe d'échange par les ions K^+ , apportés par K_2SO_4 , doivent précipiter le sulfate de gypse, à condition que le produit de solubilité (2 gr/l) de ce dernier soit atteint.

VII.5. - Dosage des ions Ca^{++}

Nous avons fait 2 extractions, à partir d'un échantillon homogénéisé, l'une avec le chlorure de potassium (KCl 0,5 N), l'autre avec le sulfate de potassium K_2SO_4 0,5 N. Sur les filtrats, nous avons dosé les ions Ca^{++} et nous avons trouvé que le chlorure de potassium déplace à peu près 10 fois plus de Ca^{++} que le sulfate de potassium (K_2SO_4 0,5 N), comme le montre le tableau 12.

Ce dosage confirme les travaux faits par Pouget 1969, donc la présence de Ca^{++} en excès dans le filtrat KCl gêne la colorimétrie en formant un précipité de sulfate de calcium, lequel gêne énormément et rend la lecture, en colorimétrie, impossible. D'où l'extraction des ions NO_3^- et NH_4^+ par KCl est à rejeter et surtout pour les sols gypseux et les sols saturés en calcium. Donc nous retenons pour la suite des traitements, comme réactif d'extraction le sulfate de potassium-lequel ne pose pas de problème à la colorimétrie.

Ion Ca^{++}	Filtrats	
	KCl 0,5 N	K_2SO_4 0,5 N
mg/100	11,5	1,8
mg/100	230	41,4

Tableau 12

VII.6. - Importance de la durée d'agitation

Sur un même échantillon bien homogénéisé, nous avons fait 24 prélèvements que nous avons divisé en deux séries :

La première série de 12 échantillons a subi, dès l'arrivée au laboratoire l'agitation. Mais après chaque heure, nous retirons 3 bocaux ; ainsi nous faisons des sous séries de 1 heure, 2 heures, 3 heures et 4 heures d'agitation. Le dosage des ions NO_3^- et NH_4^+ ne montre pas de variation sensible entre les échantillons agités pendant une heure et ceux pendant 4 heures (voir tableau n° 13).

Durée d'agitation	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-
1 heure	$\left. \begin{array}{l} 8,8 \\ 10,8 \\ 11,2 \end{array} \right\} 10,27$	$\left. \begin{array}{l} 0,82 \\ 0,93 \\ 0,80 \end{array} \right\} 0,85$
2 heures	$\left. \begin{array}{l} 10,9 \\ 9,3 \\ 11,2 \end{array} \right\} 10,47$	$\left. \begin{array}{l} 1,15 \\ 1,27 \\ 1,05 \end{array} \right\} 1,15$
3 heures	$\left. \begin{array}{l} 10,2 \\ 11,0 \\ 10,0 \end{array} \right\} 10,40$	$\left. \begin{array}{l} 1,10 \\ 1,30 \\ 1,25 \end{array} \right\} 1,21$
4 heures	$\left. \begin{array}{l} 10,8 \\ 10,2 \\ 10,6 \end{array} \right\} 10,53$	$\left. \begin{array}{l} 1,70 \\ 1,12 \\ 1,13 \end{array} \right\} 1,31$

Tableau 13

VII.7. - Importance de la durée de contact

La deuxième série d'échantillons a été stockée au réfrigérateur, et tous les deux jours nous traitons 3 échantillons comme précédemment (agitation une heure).

Les résultats rapportés au tableau n° 14 montrent que la durée de stockage augmente la quantité d'ammonium extractible. Ces résultats confirment les travaux faits dans ce sens par E.G.Cunningham (1962).

Nbre de jours de contact	ppm NH_4^+	ppm NO_3
2 jours	$\left. \begin{array}{l} 12,65 \\ 14,07 \\ 10,44 \end{array} \right\} 12,39$	$\left. \begin{array}{l} 0,95 \\ 1,37 \\ 1,36 \end{array} \right\} 1,23$
4 jours	$\left. \begin{array}{l} 12,53 \\ 14,28 \\ 14,91 \end{array} \right\} 13,91$	$\left. \begin{array}{l} 1,39 \\ 0,96 \\ 0,50 \end{array} \right\} 0,95$
6 jours	$\left. \begin{array}{l} 22,46 \\ 12,31 \\ 14,76 \end{array} \right\} 16,51$	$\left. \begin{array}{l} 0,55 \\ 0,69 \\ 1,06 \end{array} \right\} 0,76$
8 jours	$\left. \begin{array}{l} 17,69 \\ 19,61 \\ 22,47 \end{array} \right\} 19,59$	$\left. \begin{array}{l} 1,90 \\ 1,80 \\ 2,10 \end{array} \right\} 1,60$

Tableau n° 14

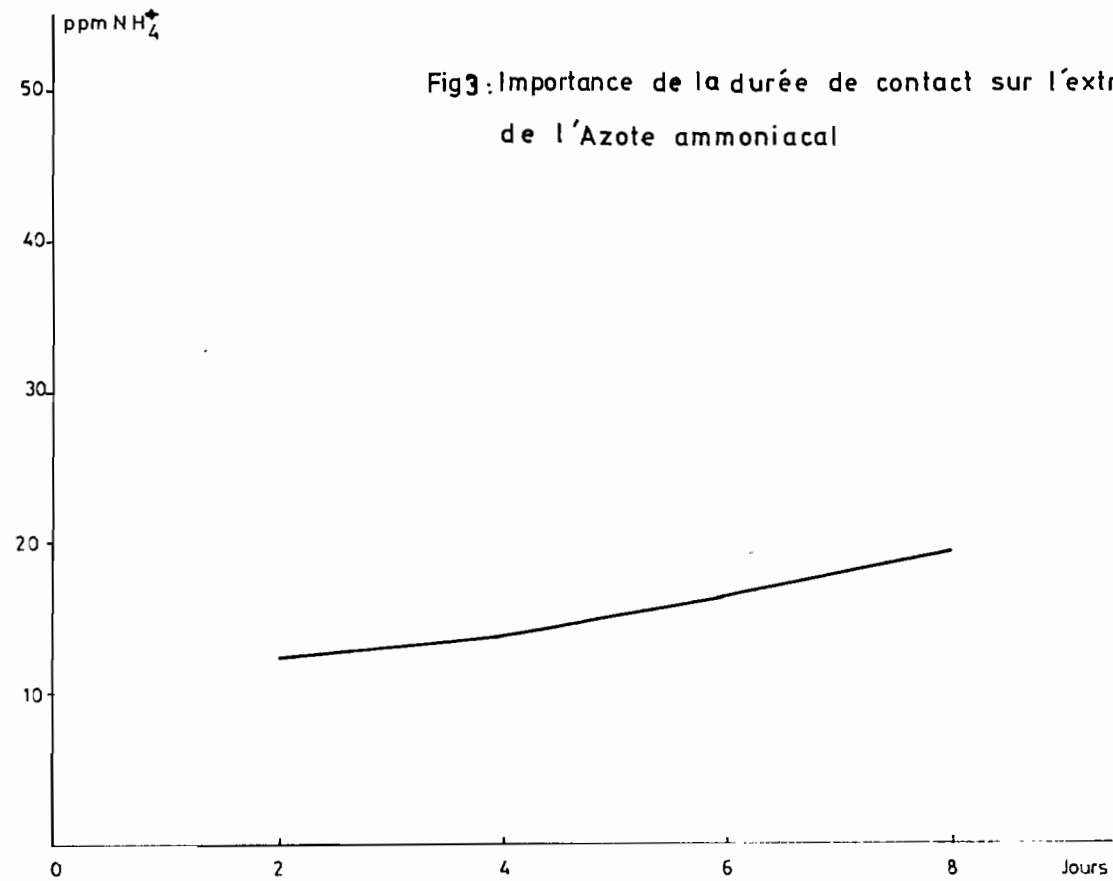
Cette augmentation continue (voir courbe n° 3) des ions ammoniums peut être due à trois origines possibles ; d'ores et déjà, Cunningham attribue cette augmentation à l'ammonification de l'azote organique.

- Réduction des ions nitrates en ions ammoniums
- Azote ammoniacal de néoformation
- Azote ammoniacal venant du complexe d'échange.

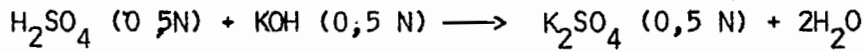
La première éventualité est à rejeter du fait des très faibles quantités d'azote nitrique se trouvant sur le complexe du sol.

Pour trancher entre les deux autres origines possibles, nous avons fait des extractions avec K_2SO_4 0,5 , mais à deux pH différents, l'un de pH 7, l'autre de pH 9.

Fig3: Importance de la durée de contact sur l'extraction
de l'Azote ammoniacal



La solution à pH 9 a été obtenue, en tamponnant une solution d'acide sulfurique 0,5 N avec une solution de potasse (KOH 0,5 N). Nous préparons donc indirectement le réactif d'extraction (K_2SO_4 0,5 N). Cette réaction s'écrit :



Bien que les normalités de départ soient les mêmes, les deux produits (acide + base) n'ont pas réagi volume à volume. En effet, pour porter, par exemple, à pH 9 150 ml d'acide sulfurique (0,5 N), il nous a fallu ajouter 179,5 ml de KOH (0,5 N).

ppm NH_4^+	
Filtrat K_2SO_4	
pH 7	pH 9
1,770	0,980
1,630	0,897
1,570	0,990
1,780	1,100
1,710	1,050
$\Sigma = 8,40$	$\Sigma = 5,01$
$\overline{\text{moy}} = 1,68$	$\overline{\text{moy}} = 1,00$
moy pH 7 - moy pH 9 = 0,68	

Tableau n° 15

Des travaux antérieurs ont montré qu'à pH élevé, les acides aminés, à chaînes simples, se dégradent vite et donnent de l'azote ammoniacal, c'est ce qu'on appelle l'azote de néoformation. Donc l'expérience que nous avons menée, montre que l'ammoniac extrait à pH 9 est presque deux fois inférieur à celui extrait à pH 7 (tableau n° 15), ce qui exclut, une fois encore, la possibilité de néoformation.

Cette différence entre les valeurs à pH 7 et à pH 9 (pH 7 > pH 9) est due au fait que l'azote ammoniacal à pH 9 élevé est déplacé et est volatilisé (communication orale M. SUSINI). Cependant l'augmentation continue (tableau n° 14) de l'azote ammoniacal peut être due à une désorption du colloïde qui n'est pas instantanée, ce qui nécessite à respecter un protocole expérimental bien défini.

VII.8. - Influence de la durée entre le bain-marie et le colorimètre

Nous avons colorimétré les échantillons L_3 et L_5 extraits au sulfate de potassium (K_2SO_4 0,5 N) avant et après une heure d'attente pour voir le comportement des échantillons au colorimètre.

Temps d'attente	Prise d'essai	Absorbance	
		L_3	L_5
25'	5 cm ³	10,00	9,00
40'	"	10,00	9,00
60'	"	11,00	9,50
70'	"	12,00	9,80
80'	"	12,70	10,00

D'après le tableau sus-indiqué, nous voyons que le délai d'une heure, entre le bain-marie et la colorimétrie, est à ne pas dépasser.

En effet, l'absorbance de l'échantillon L_3 passe de 10 à 12,70, et L_5 de 9 à 10,00, correspondant respectivement à une augmentation de 2,2γ d' NO_3^- et 0,5γ d' NO_3^- pour une prise de 5 ml.

VII.9. - Gamme étalon des nitrates

VII.9.1. - Solution mère de nitrate de potassium

Nous préparons une solution étalon à partir du nitrate de potassium (KNO_3) en prenant, après séchage au dessiccateur, exactement 1,631 g de KNO_3 , que nous mettons dans une fiole jaugée, bien propre, de 1000 ml et nous complétons à l'eau distillée très pure. Cette solution doit être conservée à + 4°C et renouvelée dès que l'allure de la courbe de

la gamme étalon n'est plus la même. La gamme étalon, obtenue à partir de cette solution mère, renferme les concentrations suivantes : 5, 10, 20, 40, et 60 γ NO_3^- .

Après colorimétrie de la gamme étalon et de la première série d'échantillons, il s'est avéré que la concentration en ions nitrates des échantillons est trop faible par rapport à la gamme étalon. En effet, il y a 80 à 90 % des échantillons qui enregistrent une absorbance inférieure au premier point de la gamme ($5\gamma\text{NO}_3^-$). De ce fait, nous étions amené à préparer une autre gamme étalon dont les concentrations sont du même ordre de grandeur que les échantillons à traiter.

VII.9.2. - Nouvelle gamme étalon

Cette gamme est préparée de sorte que les concentrations se situent entre 0,5 γ et $5\gamma\text{NO}_3^-$.

. Mode opératoire : A partir de la solution mère de KNO_3 , nous préparons une solution fille de concentration 0,1 mg $\text{NO}_3^-/\text{cm}^3$, soit 10 ml de la solution mère que nous mettons dans une fiole jaugée de 100 ml et nous volumons avec l'eau distillée très pure.

De cette solution, nous prélevons : 0,5 - 1 - 2 - 3 - et 5 ml que nous introduisons dans des fioles de 100 ml, et nous volumons avec l'eau distillée très pure. Nous obtenons ainsi les nouvelles concentrations de la gamme étalon :

0,5 - 1 - 2 - 3 et $5\gamma\text{NO}_3^-$

VII.9.2.1. - Remarques : Pour cette nouvelle gamme étalon, il faut refaire la solution fille avant chaque série d'échantillons parce que les concentrations de la gamme sont très faibles, et en plus la solution fille est instable, comme le montre le tableau n° 16 :

Gamme étalon		0,5	1	2	3	5
<u>Absorbance</u>	20'	4,5 - 4,0	9,5-9,0	13-12,8	17-16,9	27-27,1
		2	3	9,1	16,2	22,5
		1,5	4	9,2	16,0	23,5
	5Heur.	0	2,5	8,5	15,5	24,0
		1	4,0	8,6	15,5	26,0
		1,5	3,5	12,5	14,60	23,6

Tableau n° 16 - Variation de l'absorbance en fonction de l'âge de la solution fille

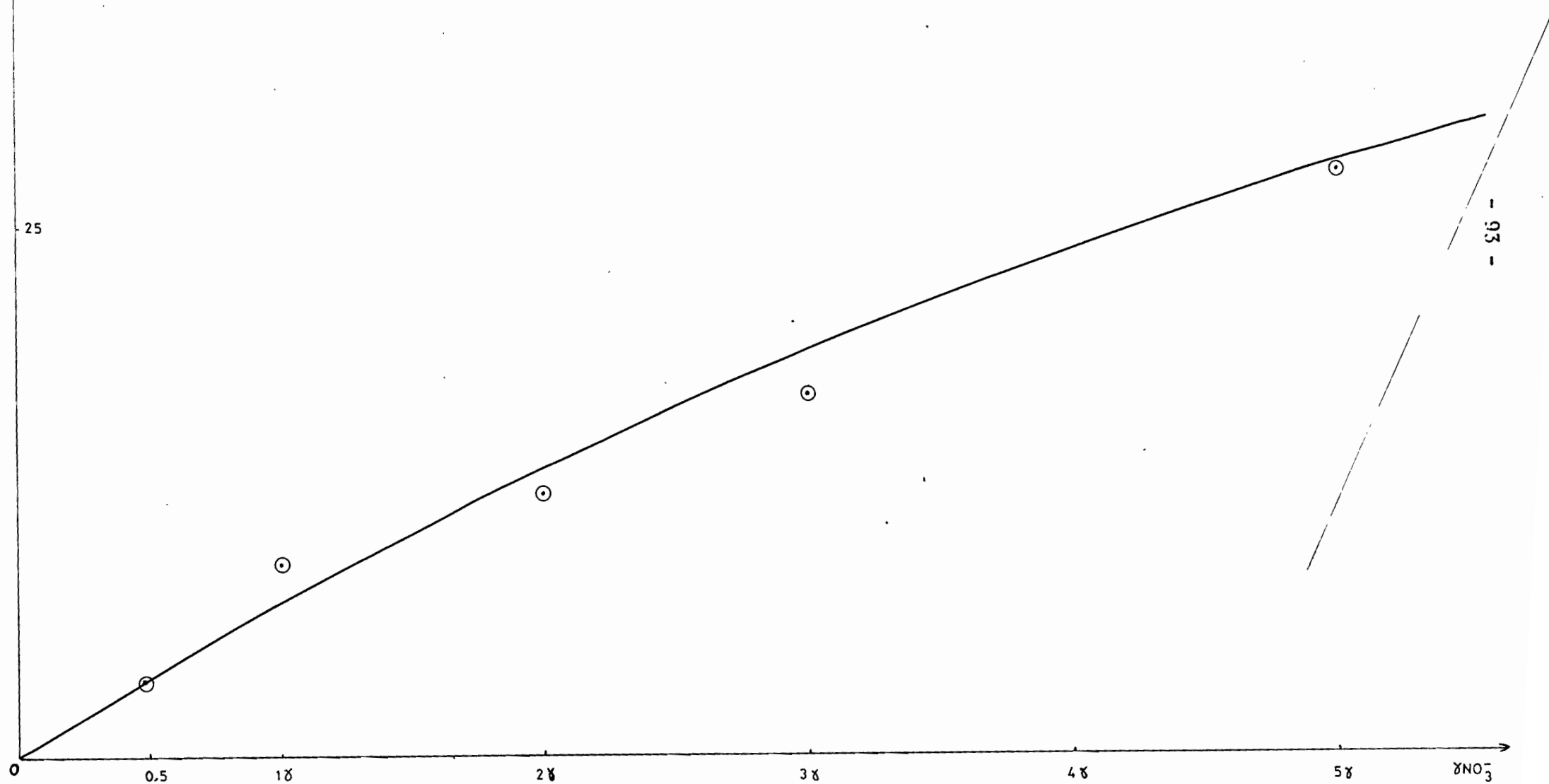
Fig: 4 DOSAGE DES NITRATES

Méthode à la brucine

Réactifs suivant la technique décrite

Volume colorimétré : $20,5 \text{ cm}^3$

Sensibilité 0,2



Ce tableau a été dressé, comme suit : Nous avons préparé la solution fille $100\gamma\text{NO}_3^-$ et après 20', nous avons fait une série de gamme étalon, puis noté l'absorbance (Densité optique).

Puis après 5 heures, nous avons refait la même gamme, à partir de la même solution fille, mais avec 5 répétitions pour chaque concentration.

A noter que le temps qui s'écoule entre le bain-marie et le colorimètre est le même pour les deux types de manipulation, de sorte qu'il n'y ait plus de variation dans ce sens.

VII.9.3. - Test de reproductibilité de colorimètre

Une méthode aussi rapide et précise pour le travail en série, ne présente d'intérêt réel que si elle donne des résultats reproductibles avec une marge d'erreur tolérable. A cet égard, nous avons testé le colorimètre en faisant 15 répétitions de chaque concentration et nous avons relevé les absorbances mentionnées au tableau n° 17.

gamme colorimètre (γ)	0,5	1	2	3	5
Absorbance ou D.O.	4,5	9,5	13,1	16,9	27,00
	4,1	10,0	12,7	17,1	27,10
	3,0	9,20	11,9	17,3	26,80
	3,6	9,80	12,8	17,00	26,90
	4,20	9,10	12,9	16,50	26,90
	3,80	8,60	13,0	16,80	27,10
	3,40	8,80	13,0	16,70	26,80
	4,00	9,30	12,8	17,20	27,00
	3,90	8,90	11,9	17,10	27,00
	3,20	10,10	13,6	16,90	26,80
	2,90	8,20	11,6	16,90	26,70
	3,10	8,10	12,10	15,60	26,90
	2,85	9,60	11,80	15,90	27,10
	3,90	9,40	11,10	16,20	27,20
	2,50	10,50	11,20	16,40	27,80
Moyenne	3,5	9,2	12,3	16,70	27,01
Ecart type	0,59	0,68	0,76	0,49	0,26

Les erreurs possibles sont calculées avec un intervalle de confiance de 95 %. La moyenne des densités optiques pour chaque concentration est lue avec une erreur plus ou moins t multipliée par l'écart type de la moyenne $[\bar{x} \pm t \times \sigma]$ La variable t est fonction de l'intervalle de confiance (I.C.) et du nombre de répétition n . Donc dans notre cas, t est égale à 2,14 (I.C. = 95 % et $n = 15$).

Tableau 1 - 0,5γ d'NO₃⁻ moyenne des densités optiques 3,5 - écart type 0,59

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D.O.	4,5	4,1	3,0	3,6	4,20	3,80	3,40	4,00	3,90	3,20	2,90	3,10	2,85	3,90	2,50
Ecart /moy.	+1	+0,6	-0,5	+0,1	+0,7	+0,3	-0,1	+0,5	+0,4	-0,3	-0,6	-0,4	-0,65	+0,4	-1

L'erreur possible sur une détermination isolée est égale à $[\pm t \times \text{Ecart type} = 2,14 \times 0,59] \pm 1,26$ division de densité optique, ce qui correspond suivant la courbe étalon à $\pm 0,06\gamma$ d'NO₃⁻. La concentration est comprise entre 0,44 et 0,56γ d'NO₃⁻ pour 0,5γ mls.

Tableau 2 - 1γ d'NO₃⁻ moyenne des densités optiques 9,20 -écart type 0,68

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D.O.	9,5	10	9,2	9,8	9,1	8,6	8,8	9,3	8,9	10,10	8,2	8,10	9,6	9,4	10,5
Ecart /moy.	+0,3	+0,8	+0,0	+0,6	-0,1	-0,6	-0,4	+0,1	-0,3	+0,9	-1	-1,1	+0,3	+0,1	+1,3

L'erreur possible sur une détermination isolée est $\pm 1,35$ division de densité optique soit $\pm 0,08$. La concentration est comprise entre 0,92 et 1,08γ d'NO₃⁻ pour 1γ mis.

Tableau 3 - 2γ d'NO₃⁻ moyenne des densités optiques 12,3 - écart type 0,68

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D.O.	13,1	12,7	11,9	12,8	12,9	13	12,8	11,9	13,6	11,6	12,1	11,8	11,1	13,1	11,2
Ecart /moy.	+0,8	+0,4	-0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,5	-0,4	+1,3	-0,9	-0,2	-0,5	-1,2	+0,7	-1,1

L'erreur possible sur une détermination isolée est $\pm 1,45$ division de densité optique, soit $\pm 0,1$. Donc la concentration est comprise entre 1,9 et 2,1γ d'NO₃⁻ pour 2γ mis.

Tableau 4 - 3γ d' NO_3^- - Moyenne des densités optiques 16,70 - Ecart type 0,49

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D.O.	16,9	17,1	17,3	17,0	16,5	16,8	16,7	17,2	17,1	16,9	16,9	15,6	15,9	16,2	16,4
Ecart /moy.	+0,2	+0,4	+0,6	+0,3	-0,2	+0,1	+0,0	+0,5	+0,4	+0,2	+0,2	-1,1	-0,8	-0,5	-0,3

Erreur possible sur une détermination isolée 1,04 division de D.O. ; soit $\pm 0,06\gamma$ d' NO_3^- . La concentration est comprise entre 2,94 et 3,06 γ d' NO_3^- pour 3γ mis.

Tableau 5 - 5γ d' NO_3^- - moyenne des densités optiques 27,00 - Ecart type 0,26

N°															
D.O.	27,0	27,10	26,8	26,9	26,9	27,1	26,8	27,0	27,0	26,8	26,7	26,9	27,1	27,2	27,8
Ecart /moy.	+0,0	+0,1	-0,2	-0,1	-0,1	+0,1	-0,2	+0,0	+0,0	-0,2	-0,3	-0,1	+0,1	+0,2	+0,8

Erreur possible sur une détermination isolée 0,55 division de D.O. ; soit $\pm 0,04\gamma$ d' NO_3^- . La concentration est comprise entre 4,96 et 5,04 γ d' NO_3^- pour 5γ mis.

Ainsi comme nous le constatons sur la courbe étalon construite avec la moyenne des résultats obtenus pour chaque concentration (fig. 7) et les écarts par rapport à chaque moyenne pour une concentration donnée (tableaux 1 à 5), la colorimétrie est parfaitement reproductible avec des variations qui n'induisent que de très faibles erreurs. En effet de 0,5 à 5γ d' NO_3^- , l'erreur varie de :

NO_3^- mis	0,5	1	2	3	5
Erreurs	12%	8%	5%	2%	0,8%

L'erreur diminue à mesure que la concentration augmente, conséquence plausible des faibles concentrations auxquelles s'ajoutent les erreurs du matériel de mesure utilisé (Ex : pipettes au 1/10).

VII.10 - Gamme étalon des ions ammoniums

VII.10.1. - Solution mère

Nous prenons du sulfate d'ammonium pur pour analyse ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$), de poids moléculaire 132,12 g, que nous faisons sécher à l'étuve pendant 24 heures. Après refroidissement au dessiccateur, nous pesons très exactement 5,29 g que nous dissolvons dans l'eau distillée très pure et avec laquelle nous volumons à 1000 ml. Nous obtenons donc une solution mère de concentration $1,440 \text{ mg NH}_4^+/\text{cm}^3$.

Cette solution est gardée au réfrigérateur ($+4^\circ\text{C}$), et elle est préservée des algues et des champignons par deux gouttes de chloroforme.

VII.10.2. - Solution fille

A partir de la solution mère, nous faisons une dilution au centième, soit 10 cm^3 de la solution mère mis dans une fiole jaugée de 1 litre que nous remplissons avec l'eau distillée très pure.

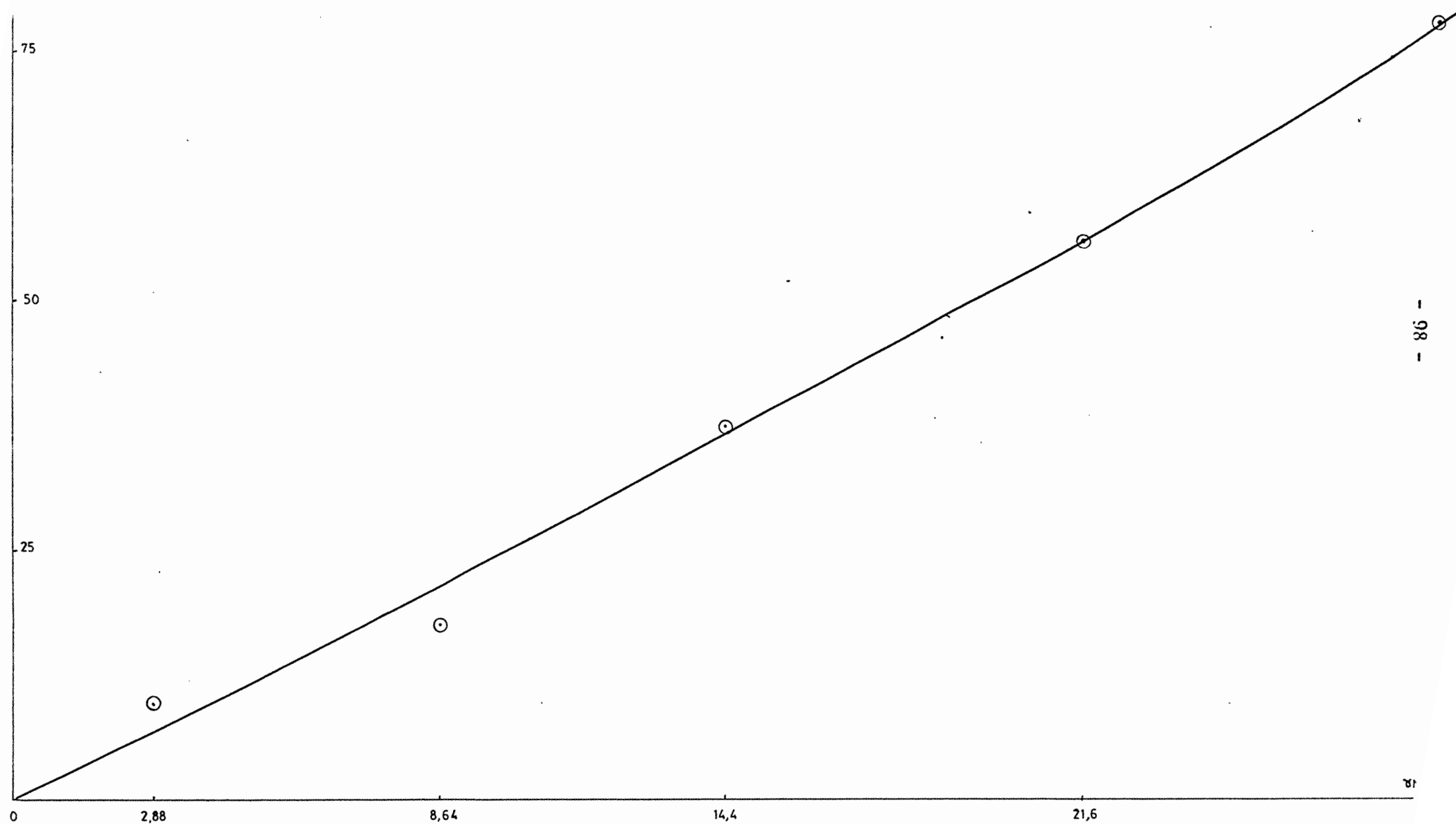
VII.10.3. - Gamme étalon

De cette solution fille de concentration $0,144 \text{ mg NH}_4^+/\text{cm}^3$, nous faisons les prises suivantes : 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 1 ; 1,5 ; et 2 ml ; correspondant respectivement aux concentrations : 2,88 - 5,76 - 8,64 - 14,4 - 21,60 - 28,8 $\gamma \text{ NH}_4^+$.

VII.10.4. - Reproductibilité de l'appareil de mesure

Nous avons fait 15 répétitions pour chaque concentration pour la reproductibilité des résultats d'une part, et tracer la courbe étalon, d'autre part, que nous qualifions de courbe moyenne et définitive, néanmoins compte tenu des impuretés des produits, du matériel de préparation, du vieillissement éventuel de la solution-mère ... etc., nous devons, à chaque fois, passer, avec chaque série d'échantillons, une gamme étalon pour dresser la courbe étalon sur laquelle seront déterminées les concentrations en ions ammoniums des échantillons.

Fig.5 DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL
Méthode colorimétrique au phénate
Sensibilité 0,5



Gamme étalon Colorimètre	2,88γ	5,76γ	8,64γ	14,4γ	21,60γ	28,8γ
<u>Absorbance</u> ou <u>D.optique</u>	9	17	26	37	62	80
	8,5	19	27,5	36	64	85
	9,5	18	27,00	38,2	58	84
	9,5	17,5	26,50	37,5	60,2	82
	10	19	28,00	37,8	61,4	86
	9,00	16,5	27,00	39,2	60,4	84,2
	9,5	17	27,50	38,00	61,8	81,6
	10	19	28,00	38,6	62,1	81,2
	8,5	18,5	27,50	36,5	63,2	81,4
	10,5	16,00	28,50	36,8	63,00	82,8
	10,5	16,5	29,00	36,9	64,00	83,2
	8,00	17,00	28,00	37,3	64,60	84,00
	8,5	17,5	26,50	36,1	63,80	83,8
	9,5	18,00	26,00	38,4	62,90	84,6
	11	18,2	27,8	38,2	62,4	85,2
Moyenne	9,43	17,65	27,39	37,50	62,32	83,27
Ecart-type	0,86	0,98	0,88	0,95	1,79	1,72

Tableau n° 18

Pour les calculs, nous avons suivi le même schéma que pour les nitrates.
Cependant les erreurs possibles sur chaque détermination isolée sont :

γNH_4^+ mis	2,88	5,76	8,64	14,4	21,6	28,8
Erreur en D.O.	±1,8	2,1 divi.	1,8 divi.	2,0 divi.	3,8 divi.	3,7 divi.
Erreur en $\gamma\text{d}^+\text{NH}_4^+$	±0,8	±0,9	±0,8	±0,9	±1,7	±1,6
Erreur en γNH_4^+ en %	27,78	15,63	9,26	6,25	7,87	5,56

Nous constatons également que les erreurs diminuent au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

VII.11. - Choix de la sensibilité du colorimètre

But : La détermination de la sensibilité, avant chaque type de dosage, est primordiale. En ce sens que toutes les lectures, pour les dosages en série et périodiques, doivent être faites sur une même sensibilité, ce qui nous permettra de réduire les erreurs et d'avoir des résultats mieux comparables.

Sensibilité : Nous avons choisi la sensibilité 0,2 pour les nitrates (NO_3^-), parce que les ions nitrates, dans les échantillons, sont très faibles, ainsi que les concentrations de la gamme étalon (0,5 à 5γ) d'une part, et que cette sensibilité nous permettra de lire les très faibles valeurs de $\text{N}_{-\text{NO}_3^-}$ d'autre part.

Egalement, nous avons sélectionné la sensibilité 0,5 pour colorimétrer les ions ammoniums, parce que la gamme étalon est assez concentrée (2,44 à 28,8γ) et que l'aiguille du colorimètre balaye tout le cadran de l'appareil d'une part, de même que les échantillons sont moyennement chargés en ions ammoniums d'autre part.

VII.12. - Principe des dosages

Le dosage des deux formes minérales, NH_4^+ et NO_3^- , de l'azote s'effectue par action de K_2SO_4 0,5 N. La solution de K_2SO_4 déplace les ions NH_4^+ et les ions NO_3^- fixés sur les agrégats du sol.

Le filtrat obtenu est additionné de réactifs spécifiques pour chaque forme minérale d'azote.

VII.12.1. - Dosage de l'azote ammoniacal

VII.12.1.1. - Réactifs nécessaires

+ Solution tampon complexante :

- . tartrate double de sodium et de potassium : 230 g
- . citrate de sodium ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$; $\frac{11}{2} \text{H}_2\text{O}$) : 350 g

+ solution de phénate de sodium

. soude pure : 5 g

. eau environ 25 ml

après refroidissement, ajouter 10 g de phenol pur
puis compléter à 50 ml.

+ solution de nitroprussiate de sodium

. Dissoudre 0,5 g de nitroprussiate de sodium

$\text{Na}_2(\text{Fe}(\text{CN})_5 \text{N}_O)$; $2\text{H}_2\text{O}$ dans 50 ml d'eau distillée pure.

Dans le but de faciliter le travail en série, nous préparons une solution mixte à partir de ces trois réactifs en mélangeant :

. 200 ml de la solution complexante

. 25 ml de la solution de phénate

. 10 ml de la solution de nitroprussiate

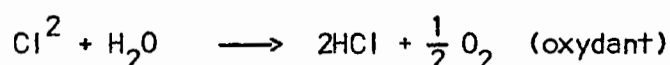
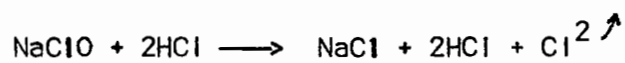
+ solution d'hypochlorite de sodium à 2^e chlorométrique :

A partir d'une solution commerciale concentrée d'eau de Javel, nous préparons une solution à 2^e chlorométrique :

Après avoir filtré cette eau de Javel, nous déterminons son titre exact avec l'hyposulfite de sodium 0,1 N ($\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$), et ceci en présence d'un réducteur, l'iodure de potassium (IK), étant donné que l'eau de Javel est un oxydant puissant.

Deux réactions principales peuvent avoir lieu au cours de la détermination du degré chlorométrique, l'une avec l'iodure de potassium, l'autre avec l'hyposulfite de sodium.

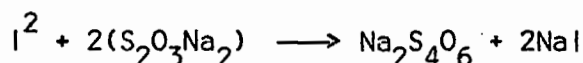
- Titrage : Une prise d'essai de 1 ml d'eau de Javel dans 50 ml d'eau distillée, à laquelle nous ajoutons 1 ml d'acide chlorhydrique pur. Ce dernier, étant un réducteur, décompose l'eau de Javel comme suit :



l'adjonction, à ce premier mélange, d'une pincée d'iodure de potassium (réducteur) donne la réaction suivante :



Cet Iode libéré est titré par l'hyposulfite, de potassium 0,1 N, de sorte que nous aurons :



D'où le degré chlorométrique = nombre de ml d'hyposulfite (0,1N) multiplié par 1,12 = x^2 ; mais pour avoir 2° chlorométrique, il faut : $\frac{1000 \times 2}{x}$ m ml d'eau de Javel.

N.B. : Il est nécessaire de contrôler le degré chlorométrique de la solution d'eau de Javel d'une part, et préparer celle à 2° chlorométrique à chaque dosage d'autre part.

L'eau distillée pure et non souillée par les ions ammoniums est une obligation pour la réussite des dosages.

VII.12.1.2. - Dosages

. sur les filtrats : Dans des tubes de 50 ml de volume environ, nous mettons :

- x ml du produit d'extraction, avec $1 < x < 10$ ml
- y ml d'eau distillée pure
- 2 ml de la solution mixte
- 0,5 ml d'eau de Javel à 2° chlorométrique

de sorte que : $x + y + 2 + 0,5 = 20,5$ ml

. gamme étalon : pareillement que précédemment, sauf qu'il faut remplacer le produit d'extraction par les différentes concentrations de la gamme étalon que nous qualifions de C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 et C_6 correspondant respectivement à : 2,88 - 5,76 - 8,64 - 14,4 - 21,6 et 28,8γ NH_4^+ . D'où le dosage suivant :

* (C_1, \dots, C_6) ml de la solution fille de la gamme étalon.

- y ml d'eau distillée pure
- z^* ml de sulfate de potassium
- 2 ml de la solution mixte
- 0,5 ml d'eau de Javel 2^e chlorométrique

Le volume final doit être égal aussi à 20,5 ml (Prise et réactif compris).

VII.12.1.3. - Remarques

- Il faut bien agiter, laisser la coloration se développer à l'ombre et ne colorimétrer qu'après 90 minutes.
- La présence de K_2SO_4 0,5 N (réactif d'extraction) dans la gamme étalon, nous permet d'avoir le même milieu que les échantillons, étant donné que ces derniers sont extraits par le sulfate de K 0,5 N. Nous aurons également le même milieu pour le développement de la coloration et pour le colorimètre.
- z^* : cette variable est fonction de la prise d'essai des produits d'extraction. Pour doser les ions ammoniums, elle doit être égale, en volume, à la variable x.

VII.12.2. - Dosage de l'azote nitrique

VII.12.2.1. - Réactifs nécessaires

Il faut utiliser, pour la préparation des réactifs et le dosage colorimétrique, de l'eau distillée très pure.

- . Solution tampon de chlorure de sodium : 300 g NaCl pur / litre
- . Solution d'acide sulfurique 29 N : 250 ml d'eau distillée pour 1 litre d' H_2SO_4 pur. Veillez à ce que la solution d'acide sulfurique ne soit pas colorée.
- . Solution de Brucine à 1 % : Nous obtenons une telle solution en dissolvant dans 70 cm³ d'eau distillée chaude 1 g de brucine et 0,1 g d'acide sulfanilique. Après refroidissement, nous transvasons dans une fiole jaugée de 100 ml, et nous ajoutons 3 gouttes d'acide chlorhydrique pur, puis nous volumons avec l'eau distillée.

- . cette solution doit être conservée à 4°C et à l'abri de la lumière.
- . Pour le travail en série et périodique, il est conseillé de refaire cette solution tous les mois, parce que nous avons remarqué qu'elle se colore intensément après un mois de conservation.

VII.12.2.2. - Dosage des nitrates

- sur le filtrat : Dans des tubes en plastique bien résistants à la chaleur, nous faisons les mélanges suivants :

- . x ml du filtrat
- . y ml d'eau distillée très pure
- . 2 ml NaCl (300 g/litre)
- . 10 ml H_2SO_4 29 N
- . 0,5 ml de Brucine

Nous colorimétrons dans un volume de 20,5 ml, c'est-à-dire que :

$$x + y + 2 + 10 + 0,5 = 20,5 \text{ ml}$$

L'ensemble des tubes contenant les réactifs cités ci-dessus, sont mis dans un bain-marie (90 - 100°C) pendant 20 minutes.

Notons qu'avec chaque série, nous passons également une gamme étalon dans les mêmes conditions.

- gamme étalon : Nous préparons 6 tubes en plastique, comme précédemment, dans lesquels nous mettons les solutions suivantes :

- . (C_1 , , C_5) ml de la gamme étalon
- . y ml de sulfate de potassium 0,5 N
- . z ml d'eau distillée
- . 2 ml de NaCl (300 g/l)
- . 10 ml de H_2SO_4 29 N
- . 0,5 ml de Brucine 1 %

VII.12.2.3. - Remarques

- . Il faut bien agiter tous les tubes avant de les mettre dans le bain-marie.
- . y est une variable (même explication que pour z^* des ions ammoniums).
- . (C_1, \dots, C_6) sont les concentrations respectives de la gamme étalon des nitrates (0,5 - 1 - 2 - 3 et 5 γ NO_3^-).
- . Pour chaque série de dosage, ne pas oublier le zéro du colorimètre qui ne peut être obtenu qu'avec un témoin. Cette remarque est valable également pour les ions ammoniums.

VIII. - RESULTATS ET DISCUSSIONS

La méthodologie de travail que nous nous sommes fixé pour suivre l'évolution de l'azote dans le sol de Sedjenane est tributaire de plusieurs facteurs, notamment la saison, la température, la nature du matériau pédologique (sable ou argile), l'humidité et le potentiel redox.

Cependant, pour répondre à ces données, nous avons choisi comme matériel d'étude un vertisol (profil n° 1) et sur 2 faces nous avons effectué des prélèvements, tous les 20 cm, pour déterminer l'azote ammoniacal, l'azote nitrique et l'humidité. Le tableau n° 19 montre que :

Profil	1ère face		2ème face	
ppm d'azote Profondeur en cm	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃
0 - 20	3,00	0,18	5,20	1,60
20 - 40	1,99	0,48	3,66	0,80
40 - 60	3,27	0,60	4,15	1,20
60 - 80	3,85	0,90	6,57	1,90
80 - 100	2,91	1,30	8,00	3,40
100 - 120	1,79	1,25	6,30	2,60

Evolution de l'azote N-NO₃⁻ et N-NH₄⁺ le long du profil

Tableau n° 19

- L'azote ammoniacal est réparti tout le long du profil d'une façon régulière avec une légère accumulation entre 60-80 cm.
- L'azote nitrique augmente, relativement, de la surface vers la profondeur, ce gradient explique éventuellement une forme de lessivage, avec une certaine concentration entre 60 et 100 cm.

Donc, par suite de ces constatations, nous avons fait des prélèvements en surface (6-10) cm et en profondeur (60-80) cm d'une part, et les prélèvements sont répétés tous les mois (Janvier à Juin) d'autre part, dans le but de voir l'évolution de ces deux formes d'azote (NH_4^+ et NO_3^-) pendant la saison humide et pluviale et la saison sèche et chaude. Parallèlement à ces prélèvements mensuels, nous avons suivi l'humidité, et l'état du sol (sec ou humide) au moment de l'échantillonnage. L'examen du tableau n° 20 montre que les quantités d'azote ammoniacal sont faibles en surface et en profondeur, corrélativement celles de l'azote nitrique. Alors que les humidités sont comprises entre pF 4,2 et pF 2,8 (comparer feuille d'analyse et tableau n° 20).

Mois Prof.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin
0 - 20	30,1	28,8	29,9	25	23,0	10,3
20 - 40	31,3	27,2	26,5	26,2	23,9	15,6
40 - 60	36,5	26,3	37,2	29,3	25,2	21,2
60 - 80	36,4	24,6	24,9	30,6	27,2	26,3
80 - 100	36,2	32,8	25,0	32,7	25,2	24,2

Evolution de l'humidité dans le sol

Tableau n° 20

Or, d'après BILLES (1971), pour des températures élevées et des humidités comprises entre pF 3,3 et pF 2,7, l'ammonification et la nitrification sont à leur optimum. Cependant, si nous regardons l'évolution de ces deux formes d'azote (Fig. 6 et tableau n° 21), nous constatons que :

Evolution de l'azote :

1° : Ammoniacal (ppm NH_4^+)

a)

Mois Prof.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin
0 - 10	5,8	9,0	10,0	4,3	11,3	11,6
60 - 80	3,2	5,5	7,0	1,9	6,0	5,0

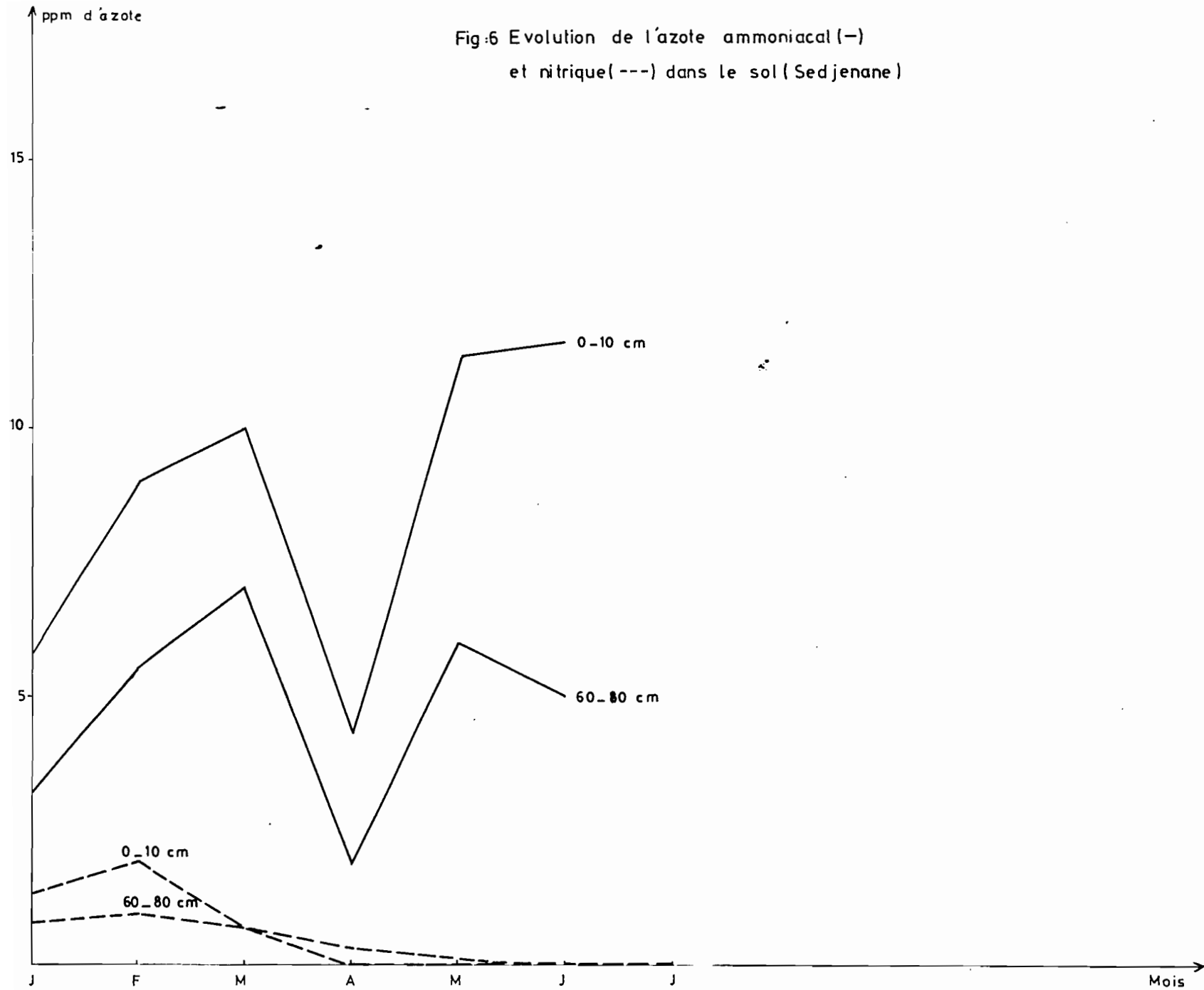
2° : Nitrique (ppm NO_3^-)

b)

Mois Prof.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin
0 - 10	1,3	1,97	0,76	0,00	0,00	0,00
60 - 80	0,8	0,95	0,73	0,23	0,10	0,00

Tableau n° 21

Fig:6 Evolution de l'azote ammoniacal (—)
et nitrique(---) dans le sol (Sedjenane)



- L'azote ammoniacal présente 2 pics. Le premier pic au cours du mois de Mars, correspondant à la saison pluvieuse et le sol était engorgé d'eau, est dû à un apport d'azote ammoniacal par la pluie (voir cycle d'azote).
Le deuxième pic au cours du mois de Mai et du mois de Juin, sol sec et saison chaude, correspond indéniablement à un début de minéralisation de la matière organique (racines mortes, feuilles très fines de Fétuque tombées lors de la fauche). Néanmoins la quantité d'azote ammoniacal reste faible en profondeur et même en surface. Nous pouvons admettre qu'une partie de l'azote ammoniacal est volatilisée parce que le pH du sol oscille entre 8 et 8,5.

- L'azote nitrique est plus abondant en surface qu'en profondeur et que les deux courbes s'inversent pendant le mois de Mars pour s'annuler à partir du mois d'Avril.

Cette absence des nitrates, quand le sol se dessèche, prête à équivoque. Deux facteurs peuvent intervenir : la température dans le sol et le potentiel d'oxydo-réduction. Pour ce qui est de la température dans le sol, nous pouvons dire qu'il y a eu rarement des températures au-dessous de 5°C (voir tableau n° 8), température inhibitrice de la nitrification, et en plus les températures du mois de Mai et du mois de Juin sont toutes supérieures à 20°C, donc des conditions favorables aux nitrificateurs.

Mais en ce qui concerne le potentiel Redox (Eh), celui-ci est très faible et atteint pendant le mois de Mars une valeur de -185 mV, et il a commencé à augmenter pendant le mois de Mai, où il a atteint + 20 mV. Cette dernière mesure est possible parce que le sol était encore humide, mais depuis le sol s'est rapidement desséché et les mesures du rédox deviennent pratiquement impossibles.

De telles valeurs du potentiel redox favorisent l'installation et l'activité des dénitrificateurs parce que le seuil à partir duquel commence la nitrification doit être supérieur à + 338 mV (BALDENSPERGER, 1978).

Dans ce sens, nous avons entamé au laboratoire une expérimentation préliminaire dans le but d'étudier l'effet de l'engorgement du sol sur les formes d'azote minéral qui nous intéressent. Nous pensons, en effet, que la prédominance des ions NH_4^+ sur les ions NO_3^- durant la saison humide serait due en partie du moins à une dénitrification du peu de nitrates qui se forme par minéralisation, sous l'effet de la stagnation de l'eau durant la saison pluvieuse.

IX. - ETUDE DE L'EFFET DE L'ENGORGEMENT DU SOL SUR LES IONS NITRATES APPORTES A CE DERNIER SOUS FORME DE KNO_3

IX.1. - Matériels et méthodes

Le matériel utilisé se compose de :

- la terre du vertisol de Sedjenane prélevée en surface au Mois de Février 1979, séchée à l'air et tamisée à 2 mm
- des bocaux en verre de 250 ml
- une solution de KNO_3 à 100 ppm de NO_3^-
- des chambres climatisées à 5, 15 et 25°C
- le matériel d'analyse

La terre, de densité apparente 1,5, a été tassée dans des bocaux après avoir déposé une couche de sables grossiers, de 1,5 cm de hauteur, au fond du bocal dans lequel nous avons logé verticalement un tube à essai dont la base a été perforée. Ce tube, dont l'extrémité supérieure émerge du bocal, servira à engorger le sol à partir de la base afin d'éviter le piégeage de l'air. ,

Tous les bocaux ont été ramené à la capacité au champ, répartis au hasard en trois lots puis incubés aux températures 5, 15 et 25°C pendant 5 jours ; au terme desquels deux bocaux de chaque lot ont servi à déterminer l' N-NH_4 et l' N-NO_3 , ainsi que sur le témoin gardé sec.

Par la suite, chaque lot a été divisé en deux séries (10 bocaux par série). La première a été engorgée à l'eau distillée, la deuxième à la solution de KNO_3 à 100 ppm de NO_3^- , puis le tout remis aux températures indiquées plus haut.

Schéma du protocole d'incubation

Températures d'Incubation	5°C		15°C		25°C	
	Bocaux analysés 1er lot		Bocaux analysés 2ème lot		Bocaux analysés 3ème lot	
Engorgement Durée d'Incubation	à H ₂ O	KNO ₃	H ₂ O	KNO ₃	H ₂ O	KNO ₃
2 jours	2	2	2	2	2	2
5 jours	2	2	2	2	2	2
12 jours	2	2	2	2	2	2

Successivement après 2, 5 et 12 jours d'incubation, deux bocaux de chaque série, ont été utilisés pour la détermination des ions ammoniums et des ions nitrates.

IX.2. - Résultats et discussions

Les résultats obtenus figurent aux tableaux 21a et 21b. Ils ne semblent pas apporter des informations supplémentaires du fait de l'hétérogénéité des teneurs en NH₄ et NO₃ enregistrés. L'azote nitrique ajouté ne se retrouve pas dans le sol, et ceci est probablement dû à la faible concentration en NO₃ de la solution de KNO₃ utilisée pour l'engorgement.

Cependant, nous remarquons notamment que le sol, qu'il soit engorgé à l'eau distillée ou à la solution de KNO₃, contient dans tous les traitements beaucoup plus d'ammonium que de nitrates, et le résultat confirme les observations faites sur le terrain.

Tableau 21a - Dosages des ions ammoniums et des ions nitrates
et 21b sur échantillon incubé.

1 - Après 5 jours d'incubation à la capacité au champ avec l'eau distillée

	5°C		Températures 15°C		25°C	
	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-
Capacité au champ avec l'eau distillée	19,0	0,49	13,5	0,13	13	0,51
Témoin (Terre sèche)	27,2	0,30				

2 - Après engorgement avec KNO_3 (100 ppm) et avec l'eau distillée

Durée de l'engorgement	Type d'engorg.	Températures				25°C	
		5°C		15°C		ppm NH_4^+	ppm NO_3^-
1 heure	KNO_3	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-	ppm NH_4^+	ppm NO_3^-
2 jours	Eau	37,6	0,20	35,0	0,20	29,0	0,20
	KNO_3	39,5	0,51	31,6	0,50	30,0	0,40
5 jours	Eau	42,5	0,18	40,0	0,14	34,0	0,21
	KNO_3	33,2	0,16	45,5	0,18	49,5	0,25
12 jours	Eau	43,5	0,21	31,6	0,21	37,0	0,24
	KNO_3	49,9	0,23	47,4	0,23	35,0	0,25
Après dessiccation à l'air libre	Eau	54,5	0,21	47,5	0,20	40,0	0,45
	KNO_3	45,9	0,18	45,0	0,17	49,0	0,47

X. - CONCLUSION

Il ressort donc de cette étude de l'azote minéral dans les vertisols de Sedjenane que, ces derniers sont extrêmement déficitaires en cette forme d'azote durant toute l'année.

L'azote ammoniacal, par contre se trouve à niveaux relativement plus décelables. Ces deux résultats devraient être soulignés, car contrairement aux autres sols de Tunisie, les sols de la région de Sedjenane semblent poser un problème supplémentaire pour l'agronome, à savoir la forme de la fumure azotée et les doses de son application. Ce problème s'ajoute à ceux déjà énumérés précédemment.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le milieu naturel est caractérisé par des formations géologiques anciennes, se composant d'une roche de texture grossière (Grès acide) et d'une roche de texture fine (argiles acides ou calcaires), et des formations récentes (alluvions - colluvions) provenant de l'altération au cours des âges des deux premières roches.

Les précipitations (800 à 1100 mm/an), et le contraste des saisons, caractéristique de la région des Mogods, avec des hivers pluvieux et froids et des étés secs et chauds, sont les facteurs déterminants de cette altération.

Ces précipitations ont entraîné une érosion hydrique et un drainage oblique, caractéristique des sols des Mogods, puis une hydromorphie de durée et d'intensité variable en fonction de la position topographique et de la nature des matériaux. Elles ont entraîné également, à part les deux lambeaux de vertisols et sols peu évolués, une pédogénèse particulière des sols des Mogods, que l'on ne rencontre pas ailleurs en Tunisie, en particulier les sols hydromorphes pour lesquels nous retiendrons deux grands niveaux d'hydromorphie :

- . hydromorphie à taches et à concrétions
- . hydromorphie à pseudogley

L'hydromorphie à taches et à concrétions est le résultat de dépôts ferrugineux par réoxydation des solutions. Elle se rencontre beaucoup plus dans les alluvions que dans les colluvions. Dans le cas de l'hydromorphie à pseudogley, résultant d'un engorgement temporaire à semi-permanent qui affecte tous les horizons, y compris les horizons A, nous distinguons, d'après les pédologues allemands, le pseudogley primaire formé directement sur un matériel hétérogène à deux couches, la couche inférieure étant moins perméable et plus riche en argile que la couche superficielle, de texture généralement sableuse ; le pseudogley secondaire, au contraire, résulte de

la dégradation du sol forestier et du maquis, et son évolution passe par deux phases, la première un colmatage de B_t et la deuxième une hydromorphie temporaire à permanente superficielle et souvent à quelques centimètres de la surface du sol donnant ainsi l'amphigley que nous retenons dans la légende de la carte pédologique. Cette hydromorphie impose des contraintes agricoles particulières à la région des Mogods, dont la vocation naturelle est donc le pastoralisme. Cependant, l'installation de l'Office de l'Elevage et des Pâturages de Sedjenane se trouve justifiée. En effet, seules les cultures fourragères peuvent convenir dans la région, alors que la réussite des cultures vivrières hivernales ne serait possible qu'après avoir évacué l'eau de pluie, ainsi que des cultures estivales pour lesquelles un apport d'eau d'irrigation est nécessaire.

Cette eau d'irrigation est disponible dans la plaine sous réserve de faire des sondages et d'étudier la qualité de l'eau. Cette opération serait intéressante dans ce sens qu'elle contribuerait énormément à faire baisser le niveau de la nappe phréatique et ainsi de diminuer l'engorgement des sols, surtout dans la Garaa de Sedjenane lors de sa recharge par les pluies automnales et hivernales.

D'une façon générale, les eaux de pluie, s'écoulant difficilement, restent stockées sous forme de nappes perchées et stagnantes à la surface, dans des dépressions surtout, et rendent les sols des Mogods impénétrables. Donc la mise en cultures de ces sols ne serait possible qu'après avoir installé des drains dans les hauteurs et la plaine ou creusé des puits. Les puits feraient baisser indéniablement le niveau de la nappe phréatique et fructifier les cultures estivales ce qui permettrait de réduire en l'occurrence le nombre de drains et le transport des particules fines de la couche arable par l'eau de ruissellement, par conséquent, il n'y aurait plus de déchaussement de la végétation. Celle-ci est de deux types : forestière ou naturelle et cultivée. Les essences forestières se comportent bien sous ce climat dit Khroumirien, néanmoins elles sont menacées par le surpâturage et le charbonnage clandestin. La végétation cultivée elle, souffre d'excès d'eau en hiver et présente alors des symptômes comme le jaunissement des feuilles et parfois l'arrêt de croissance. Ces observations nous ont conduit à entamer l'étude de ces accidents que les agronomes attribuent à une carence azotée. Notre contribution s'est limitée à l'étude

de deux formes d'azote assimilables, l'azote nitrique (NO_3) et l'azote ammoniacal (NH_4), pour voir leur disponibilité dans le sol.

Le dosage de ces deux formes d'azote nous a permis :

- 1) De mettre au point la méthode d'extraction en remplaçant le chlorure de potassium (KCl) par le sulfate de potassium (K_2SO_4), parce que le premier réactif extrait beaucoup plus d'ions Ca^{++} que le sulfate de potassium, lesquels ions précipitent en présence d'acide sulfurique 29 N et gênent la colorimétrie.
- 2) De contrôler les différentes phases de traitements des échantillons, notamment la durée de contact entre colloïde et réactif d'extraction. Pour celle-ci, plus le colloïde est en contact avec la solution d'extraction, plus nous extrayons d'azote ammoniacal. Plusieurs hypothèses se sont posées et des approches ont été faites, mais un travail dans ce sens mérite d'être approfondi.

Quant aux quantités d' N-NO_3 et d' N-NH_4 dosées mensuellement (Janvier à Juin 1979), elles sont très faibles, de l'ordre de quelques ppm pour l'azote ammoniacal et du ppm pour l'azote nitrique, bien que nous n'ayons pas décelé une forme de lessivage ni pour l'un ni pour l'autre. Donc la question que nous nous posons est le devenir de l'engrais azoté, mais d'ores et déjà nous pouvons nous prononcer sur le manque d'azote nitrique et ammoniacal et dire qu'il est dû à la présence d'une microflore dénitrifiante dans le sol. En effet, le potentiel rédox du sol, de l'ordre de -180mV en hiver et de $+40\text{mV}$ en Juin, est bien au-dessous du seuil de dénitrification qui est de $+338\text{mV}$ (BALDENSBERGER, 1978). Il y a aussi probablement une quantité assez importante de l'engrais azoté qui part sous forme de NH_3 parce que le pH du sol est de l'ordre de 8 à 8,5. Les cultures consomment également NO_3 et NH_4 .

Dépendant, pour faire profiter les cultures fourragères et autres des engrais azotés, il faut apporter un engrais moins soluble que les nitrates d'ammonium et à petites doses. Parallèlement une étude de la microflore du sol s'impose.

Malgré toutes ces anomalies, l'installation des prairies permanentes par la Direction Régionale de l'Office de l'Elevage et des Pâturages (D.R.O.E.P.) a contribué énormément à l'enrichissement des horizons superficiels en matière organique, permettant ainsi à l'azote de faire son cycle, et à la fixation de la couche arable en empêchant les effets de l'érosion.

La décomposition de cette matière organique est variable et fonction de la texture, du type de culture et du type de sols (colluvions et alluvions). Nous suggérons donc qu'un travail soit mené pour voir le comportement de la matière organique sous des cultures différentes et éventuellement sur les sols colluviaux et les sols alluviaux.

En résumé, la mise en valeur des sols de Sedjenane est conditionnée :

- par l'aménagement des sols afin d'évacuer l'excès d'eau par des drains ou par évapotranspiration en faisant des puits pour l'irrigation des cultures d'été,
- par l'étude de la microflore du sol,
- par la nécessité d'une fumure organique : fumier de ferme ou engrais vert, de préférence l'orge, si possible, pour améliorer la structure du sol (communication orale M. COMBEAU, 1978). Si cette fumure devient suffisante, il n'y aura plus de carence en azote parce que ce dernier pourra faire son cycle et fournir aux plantes les ions ammoniums et les ions nitrates.

B I B L I O G R A P H I E

- ALAOUI T., 1974 - Contribution à l'étude du milieu naturel des Mogods.
Mémoire 3ème cycle INAT.
- ANDRE R., 1977 - Méthodes granulométriques - Techniques et Interprétations.
Masson-Paris ; New-York; Barcelone; Milan.
- AUBERT G., 1966 - Classification des sols ; Division des Sols ES 61.
- AUBERT G., 1978 - Classification des sols et cours de pédologie à l'ORSTOM
Bondy.
- BALLEY L.D., 1976 - Effects of temperature and root on denitrification in
a soil. C.J.S.S., Vol. 56, n° 2.
- BALLEY L.D. and BEAUCHAMP E.G., 1971 - Nitrate reduction and redox
potentials measured with permanently and temporarily
placed platinum electrodes in saturated soils.
C.J.S.S., Vol. 51, n° 1, p. 51.
- BILLES G. et al., 1971 - L'activité biologique des sols dans les écosystèmes
méditerranéens. Minéralisation de l'azote.
Rev. écol., biol. Sol, Tome VIII, fasc. 4 ; pp. 533-552.
- BILLES G. et al., 1971 - L'activité biologique des sols dans les écosystèmes
méditerranéens. Minéralisation du carbone.
Rev. écol., biol. sol, Tome VIII, fasc. 3, pp. 375-395.
- BILLES G. et al., 1972 - L'activité biologique des sols dans les écosystèmes
méditerranéens. Activités enzymatiques.
Rev. écol., biol. sol, Tome IX, fasc. 1, pp. 1-19.

- BLACK et al., 1965 - Methods of soil analysis, Part. 2 - chemical and microbiological proprieties - Number 9 in the serie Agronomy USA.
- BOULAIN J., 1975 - Géographie des Sols. P.U.F.
- BOULAIN J., 1976 - Cours de pédologie générale et appliquée à l'INAPG.
- CASTANY G., 1953 - Carte géologique de la Tunisie (1/50.000°), 2ème édition, S.E.F.A.N. Tunis.
- CHIANG C. et al., 1972 - Ecologie microbienne des sols du Maroc. Fluctuations saisonnières. Int. Agron. Hassen II - Rabat.
Ann. Int. Pasteur , 122 ; n° 6
- CRAMPON N., 1979 - Etude géologique de la bordure des Mogods, du pays de Bizerte et du Nord des Hédils . Thèse NANCY.
- COQUE R., 1977 - Géomorphologie. Armand Colin, Collection.
- DELHUMEAU M., KNANI H., - Etude pédologique de la ferme AQUINA, U.R.D. de Sedjenane. Etude n° 475.
- DELHUMEAU M., 1973 - Etude pédologique de l'U.R.D. de Sedjenane (SUD-OUEST).
- DERRAU M., 1972 - Précis de géomorphologie. Masson et Cie.
- DIMANCHE M. et LOYER J.Y., 1972 - Carte des aptitudes des sols de l'U.R.D. de Sedjenane.
- DIMANCHE P. et SCHOENENBERGER, 1970 - Description des milieux des Mogods et de Khroumirie. O.N.U.A.A. - I.N.T. Reboisement de Tunis.
- DUCHAUFOR Ph., 1970 - Précis de pédologie - Masson-Paris.
- DUCHAUFOR Ph., 1972 - Processus de formation des sols. Biochimie et géochimie. C.R.D.P. Nancy.
- DUCHAUFOR Ph., 1977 - Pédogénèse et classification. Masson-Paris.

- EL AMAMI M., 1975 - Etude pédologique des henchirs FIDH EL KHEZINE et Chaâbat EL HOUT - U.R.D. Sedjenane - Etude n° 497
- FAUCK R., 1971 - Contribution à l'étude des sols des régions tropicales. Les sols rouges sur sables et grès d'Afrique Occidentale. Thèse Doct. es Sciences Nat. Université Strasbourg.
- GUENIN R., 1973 - Cartographie générale. Méthodes et techniques de production. Tome 2. I.G.N. ; Ed. EYROLLES.
- HATTORI, 1973 - Microbial life in the soil : an introduction. Marcel Dekker Inc., New York.
- JAUZEIN A., 1967 - Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne (Tunisie Septentrionale). Ann. des Mines et de la Géologie n° 22, STAG - Tunis.
- JAMAGNE M., 1967 - Bases et techniques d'une cartographie des sols. Ann. Agron., Vol. 18
- KNOWLES, 1978 - Common intermediates of nitrification and denitrification, and the metabolism of nitrous oxide. in "Microbiology - 1978". Ed. David SCHLESSINGER ; ASM ; Washington D.G.
- KOHL D.H. et al., 1976 - Denitrification kinetics in soils systems. SSSA, vol. 40, n° 2, p. 249.
- LAURENT Max., 1973 - Etude expérimentale de l'ammonification dans les milieux aquatiques. INRA - Biarritz (France). Rev. écol. biol. sol ; Vol. 10, n° 2, pp. 153-167
- LE FLOCH J., 1959 - Etude pédologique de la plaine de Sedjenane et de ses abords (étude n° 161, SOGETHA).
- LOYER J.Y. et KNANI, 1977 - Etude pédologique du domaine forestier aux environs de la ferme pilote de Sedjenane.

- LOYER J.Y., 1974 - Les cartes d'utilisation des sols, la carte factorielle.
Application au domaine sylvo-pastoral. ES 91 (ORSTOM).
- MAIGNIEN R., 1969 - Manuel de prospection pédologique - ORSTOM Paris.
- MHIRI A., 1978 - Recherches sur la sulfato réduction rhizosphérique dans
un sol salé. Thèse Doct. ès Sciences. Université Paris VII.
- PANG P.C. et al; 1975 - Effects of pH and nitrifier population on nitrifi-
cation of band applied and homogeneously mixed urea nitrogen
In soil. C.J.S.S. Vol. 55, n° 1, pp. 15-21.
- PANG P.C. et al; 1975 - Effects of nitrogen concentration on the transformation
of band applied nitrogen fertilizers.
C.J.S.S., Vol. 55, n° 1, pp. 23-28.
- POUGET M., 1969 - Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements
gypseux de nappe dans le Sud Tunisien. ES 70 - ORSTOM Tunisie.
- QUISPEL A., 1974 - The biology of nitrogen fixation.
Frontiers of biology - Vol. 33.
North Holland publishing company. Amsterdam Oxford.
- ROLSTON D.E. and al., 1976 - Denitrification measured directly from nitrogen
and nitrous oxide gas fluxes.
S.S.S.A., Vol. 40, n° 2 p. 259.
- SLAMA F., 1975 - Drainage et lessivage de l'azote du potassium, du sodium
et du calcium. Centre de recherche du Génie Rural. Tunisie.
- SUSINI J. et N'GANDJUI C., 1964 - Contribution au dosage de l'azote minéral
par microdiffusion et colorimétrie.
Cahiers ORSTOM, Vol. 11, fasc. 2.
- TAKAI Y. et UEHERA Y., 1975 - Nitrification and denitrification in the
surface layer of submerged soils,
Soils and fertilizers, n° 11, vol. 38, (4730).
- TERMAN, 1978 - Atmosphère sulphur. The sulphur Int. Bul. 23.
- 1978 - Etude qualitative et quantitative de l'érosion dans le Nord et le
Centre de la Tunisie. ET. 83 - Projet FAO-SIDA T.F.TUN-O.N.U.A.A.

A N N E X E

FEUILLES D'ANALYSES

NOM ¹⁹² ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Sapane (Coaston)
LABIDI

Cl s/G s/G

année mois

n° étude

n° profil

coordonnées

29/3/77

732

733

734

L49

L49

L49

0-15

15-80

80-200

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

4.5

5.0

4.0

11.0

6.0

3.5

5.5

6.0

3.0

24.5

26.0

26.5

57.0

57.0

62.5

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat. Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Intermédia

AH Gris

2.8

1.0

0.3

1.6

0.6

0.2

0.09

0.06

0.02

1.4

1.0

0.3

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assimil. (ppm)

K20 %

Gypse %

0.4

1

0.4

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

0.7

0.7

0.3

0.6

0.6

0.3

0.1

0.1

0.1

0.2

0.1

0.1

1.7

1.6

0.7

9.0

6.0

14.0

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH 1/2.5

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

27.5

25

25

6.3

6.7

7.4

0.9

0.8

0.8

FER

Fer Total Fe203 %

Fer Libre Fe203 %

13.0

13.0

7.5

6.5

7.5

5.0

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,8 %

K-Henry 100 10 K

pas de mat. p. s. mat. p. s. mat. p. s.

3.2

6.5

REPUBLIQUE TUNISIENNE

D.R.E.S.

Division des Sols

2

NOM ÉTUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Cl s/c g/s/g

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

73/3/17

735

L 51

0-4

736

L 51

40-70

737

L 51

90-130

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limon fins %

Limon grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

50,5

20,5

10,0

7,5

7,5

39,0

26,5

12,5

11,0

8,0

28,5

38,5

20,0

10,0

4,5

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Intermédia

AH Gris

1,3

0,8

0,02

40

1,3

0,9

0,5

0,02

25

0,7

0,5

0,3

0,034

0,3

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assiml. (ppm)

K2O %

Gypse %

1

4

2

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

4,8

2,6

0,3

3,8

11,5

33,0

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH 1/2,5

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

90

6,9

11,0

70

6,7

11,5

65

7,8

7,3

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

63,0

29,5

67,5

53,0

67,0

42,5

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

K-Henin log 10 K

1,9

1,8

1,9

REPUBLIQUE TUNISIENNE

D.R.E.S.

Division des Sols

3

NOM ÉTUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE Labo

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Seyouane

LABIDI

Cl s/C G s/G

année mois

n° étude

n° profil

coordonnées

79-3-22

791

L16

790

L16

L16

0-30

30-50

50-140

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total % P.P.N

P205 Assiml. (ppm)

K20 % total

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH 1/25

Conductiv.mmmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe203 %

Fer Libre Fe203 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,8 %

8,5

20,0

39,5

4,5

3,5

2,0

6,0

5,5

3,0

22,0

18,0

12,5

58,0

52,0

40,0

1,7

0,7

0,6

1,0

0,4

0,4

0,10

0,05

0,01

10

3

40

1,7

0,9

1,0

1

0,4

1

850

650

530

10,0

7,5

7,5

0,05

0,13

0,29

0,6

1,2

3,7

1,0

1,7

2,5

0,20

0,3

0,9

0,05

0,05

0,07

1,8

3,3

7,1

3,0

2,0

1,0

25

27,5

55

6,4

6,4

6,4

0,6

0,7

0,5

16,5

32,0

75,0

11,0

24,0

62,0

3,5

5,9

14,8

76

108

31,2

NOM ETUDE Sefouane REPUBLIQUE TUNISIENNE
AUTEUR LABIDI D.R.E.S.
CLASSIFICATION CI s/C G s/G Division des Sols ①
An./n°ét./n°pr./coord. année mois n°étude n°profil coordonnées
79-3-31 66 66 66 66
n° ~~ETUDE~~ Labo 884 885 886 887
n° PROFIL 66 66 66 66
PROFONDEUR cm 0-28 28-45 45-83 83-130
COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %							
Argile %	5,5	7,5	39,0	36,5			
Limons fins %	1,0	3,5	5,5	27,5			
Limons grossiers %	3,0	4,0	3,5	9,5			
Sables fins %	22,5	22,5	17,0	11,0			
Sables grossiers %	66,5	62,0	31,0	12,5			
Refus 2 mm %							

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %	3,1	0,9	0,9	0,5			
Carbone %	1,8	0,5	0,5	0,3			
Azote total %	0,06	0,004	0,01	0,03			
C/N	30?	?	50?	10			
Acides fulviques %							
Acides humiques %							
Mat.Hum. (AF+AH) %	2,6	0,8	0,9	0,2			
Electro	AH Bruns						
Phorèse	AH Interméd						
	AH Gris						

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %	0,4	0	0	22,5			
CaCO3 Actif %				2			
P205 Total % P.P.A	237,5	175,0	245	470			
P205 Assiml. (ppm)							
K20 % Total	0,18	0,24	3,35	4,35			
Gypse %							

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g	0,9	0,4	4,7	7,3			
Mg ++ m.é./100 g	0,8	0,7	6,1	4,3			
K + m.é./100 g	0,1	0,1	0,3	0,2			
Na + m.é./100 g	0,1	0,1	0,7	3,0			
S m.é./100 g							
T m.é./100 g	1,9	1,2	11,6	15,0			
Na/T %	5,0	8,3	6,0	20			

SOLUTION DU SOL

% Saturation	27,5	25	65	82,5			
pH 1/2,5	6,3	6,6	5,9	8,7			
Conductiv. mmhos/cm	0,8	1,1	1,0	1,9			
Extrait sec mg/l							
CO3 -- m.é./l							
CO3H - m.é./l							
SO4 -- m.é./l							
Cl - m.é./l							
NO3 - m.é./l							
Ca ++ m.é./l							
Mg ++ m.é./l							
Na + m.é./l							
K + m.é./l							

FER

Fer Total Fe2O3 %							
Fer Libre Fe2O3 %							

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle							
Densité apparente							
Porosité							
pF 4,2 %	3,2	2,4	15,2	17,0			
pF 3 %							
pF 2,0 %							

825
NOM ETUDE
AUTEUR
CLASSIFICATION

Séjane - CRISTOM
LABIDI

REPUBLIQUE TUNISIENNE
D.R.E.S.
Division des Sols

An./n°ét./n°pr./coord.

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

79/3/11

394

395

396

L 100

L 100

L 100

0-40

40-100

120-140

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

28.0

36.5

34.5

32.5

25.0

13.0

15.0

13.0

7.0

12.0

9.0

11.5

12.0

13.0

32.5

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat. Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

1.3

0.5

0.1

0.8

0.3

0.07

0.09

0.01

0.08

1.5

0.6

0.4

RESERVES MINERALES

CaCO₃ Total %

CaCO₃ Actif %

P205 Total % (ppm)

P205 Assiml. (ppm)

K20 %

Gypse %

0

0

0

675

475

275

45

100

100

2.29

3.05

2.46

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

2.1

3.3

1.8

3.1

5.1

3.3

0.3

0.3

0.2

0.5

1.3

2.2

6.0

10.0

7.5

9.0

13.0

29.0

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO₃ -- m.é./l

CO₃H -- m.é./l

SO₄ -- m.é./l

Cl -- m.é./l

NO₃ -- m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

47.5

60

52.5

6.2

6.3

7.2

0.8

1.1

8.7

4.0

20.5

65.0

16.3

26.7

44.5

0.03

FER

Fer Total Fe₂O₃ %

Fer Libre Fe₂O₃ %

47.0

62.0

60.0

22.5

27.5

31.0

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

année mois

An./n°ét./n°pr./coord.

n° étude

n° profil

coordonnées

11th ~~10th~~ Labc

1977 PROFILE

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %								
Argile %	5,5	5,0	3,0					
Limons fins %	0,5	0,5	0,5					
Limons grossiers %	1,5	1,5	1,0					
Sables fins %	11,0	11,5	10,0					
Sables grossiers %	81,0	82,0	86,0					
Refus 2 mm %								

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %		3,3	1,5	0,3				
Carbone %		2,3	0,9	0,2				
Azote total %								
C/N								
Acides fulviques %								
Acides humiques %								
Mat. Hum. (AF+AH) %		1,0	0,7	0,2				
Electro Phorèse	AH Bruns							
	AH Interméd							
	AH Gris							

RESERVES MINERALES

[illegible]

COMPLEXE AÉSORBANT

Ca ++ m.é./100 g									
Mg ++ m.é./100 g									
K + m.é./100 g									
Na + m.é./100 g									
S m.é./100 g									
T m.é./100 g									
Na/T %									

SOLUTION DU SOL

% Saturation						
pH						
Conductiv. mmhos/cm						
Extrait sec mg/l						
CO ₃ -- m.é./l						
CO ₃ H - m.é./l						
SO ₄ -- m.é./l						
Cl - m.é./l						
NO ₃ - m.é./l						
Ca ++ m.é./l						
Mg ++ m.é./l						
Na + m.é./l						
K + m.é./l						

FER

Fer Total Fe2O3 %.	12,0	7,0	3,5					
Fer Libre Fe2O3 %.	7,5	4,5	3,0					

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

[illegible]

NOM ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Seydane (ORSTOM)

CI s/C G s/G

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

REPUBLIQUE TUNISIENNE

D.R.E.S.

Division des Sols

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assiml. (ppm)

K20 %

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H -- m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl -- m.é./l

NO3 -- m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe203 %

Fer Libre Fe203 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

An./n°ét./n°pr./coord.

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total % PPM

P205 Assiml. (ppm)

K20 %

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

ÉTUDE

CLASSEUR

CLASSIFICATION

Cl s/C G s/G

An./n°ét./n°pr./coord.

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Intermédia

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total % (ppm)

P205 Assimil. (ppm)

K20 % Total

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

- Cl s/CG s/G

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

D.R.E.S. Division des Sols

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total % PPM

P205 Assiml. (ppm)

K20 % Total

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

K-Henri loq 10 K

AUTEUR

CLASSIFICATION 833

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Cl s/CG s/G

année mois

n° étude

n° profil

coordonnées

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limon fins %

Limon grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P2O5 Total %

P2O5 Assiml. (ppm)

K2O %

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

K-Henri log 10 K

NOM ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Séquence (LORSTON) LRBID

Cl s/CG s/G

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

REPUBLIQUE TUNISIENNE

D.R.E.S.

Division des Sols

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assiml. (ppm)

K20 %

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH 1/2,5

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe203 %

Fer Libre Fe203 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

NOM ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE Labo

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Cl s/CG s/G

année mois

n° étude

n° profil

coordonnées

79-3-31

890

891

892

893

L72

L72

L72

L72

0-20

20-40

40-105

105-130

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

10,5

32,5

50,0

40,5

3,5

10,5

16,5

36,5

10,5

10,0

7,0

4,0

27,5

15,5

8,0

6,5

46,0

23,5

16,0

8,5

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

0,7

0,9

0,6

0,3

0,4

0,5

0,3

0,2

0,02

0,02

0,07

0,09

20

25

4,80

2,2

0,8

0,8

0,7

0,3

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total % P.P.N

P205 Assiml. (ppm)

K20 % total

Gypse %

0,4

0

0

0

192,5

375

375

407,5

5,0

7,5

10,0

10,0

0,53

2,35

3,70

4,29

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

0,6

4,5

6,8

14,0

2,3

4,1

6,2

2,5

0,1

0,2

0,3

0,3

0,4

0,5

1,6

0,1

3,3

9,3

15,0

16,7

12,0

5,0

11,0

0,5

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH / / 2,5

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

27,5

35

85

95

6,6

6,4

5,7

6,7

4,9

4,5

12,2

13,4

8,0

5,0

6,0

4,0

4,0

16,6

17,7

26,5

83,0

27,2

28,2

80,5

86,5

11,7

10,8

19,6

30,5

22,3

24,3

62,5

89,6

15,0

15,2

47,0

52,0

0,14

0,04

0,1

0,1

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

12,0

37,0

63,0

78,0

10,0

28,5

48,0

43,0

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

A U T E U R

CI s/CG s/G

LABADI

D.R.E.S.
Division des Sols

(4) 4

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

n° ETUDE Labo.

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limons fins %

Limons grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total * P.P.H

P205 Assiml. (ppm)

K2O %

Gypse %

COMPLEXE AESORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H -- m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl -- m.é./l

NO3 -- m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,8 %

X-Ronin log 10 K

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

CI s/C G s/G

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limon fins %

Limon grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro

Phorèse

AH Bruns

AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assiml. (ppm)

K2O %

Gypse %

COMPLEXE AESORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv. mmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 -- m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe2O3 %

Fer Libre Fe2O3 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,5 %

792
NOM ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

Séjenane
LABIDI (ORSTOM)

Cl s/CG s/G

année mois

79/3/4

n°étude

728

n°profil

L48

coordonnées

REPUBLIQUE TUNISIENNE

D.R.E.S.

Division des Sols

10

GRANULOMETRIE

Humidité %					
Argile %	23,5	48,5	50,5	45,5	
Limons fins %	19,5	18,5	19,5	28,0	
Limons grossiers %	18,5	12,5	13,0	16,0	
Sables fins %	20,5	8,0	8,0	6,5	
Sables grossiers %	16,0	9,5	5,0	3,5	
Refus 2 mm %					

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %	2,2	1,1	0,9	0,7	
Carbone %	1,3	0,7	0,5	0,4	
Azote total %	0,13	0,01	0,02	0,07	
C/N					
Acides fulviques %					
Acides humiques %					
Mat.Hum. (AF+AH) %	3,2	1,2	0,7	0,4	
Electro	AH Bruns				
Phorèse	AH Interméd				
	AH Gris				

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %	2	2	1	2	
CaCO3 Actif %					
P205 Total %					
P205 Assiml. (ppm)					
K20 %					
Gypse %					

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g	6,0	11,1	13,4	10,1	
Mg ++ m.é./100 g	2,8	6,5	5,7	5,1	
K + m.é./100 g	0,3	0,5	0,4	0,4	
Na + m.é./100 g	0,2	1,0	1,4	2,7	
S m.é./100 g					
T m.é./100 g	9,2	19,3	21,0	11,4	
Na/T %	2,0	5,0	6,0	15,0	

SOLUTION DU SOL

% Saturation	50	90	90	90	
pH 7/2,5	7,0	6,2	6,4	7,7	
Conductiv. mmhos/cm	710	116	516	617	
Extrait sec mg/l					
CO3 -- m.é./l					
CO3H - m.é./l			6,0	4,0	
SO4 -- m.é./l			28,2	24,0	
Cl - m.é./l			30,0	40,0	
NO3 - m.é./l					
Ca ++ m.é./l			15,0	10,8	
Mg ++ m.é./l			20,0	22,2	
Na + m.é./l			25,0	32,0	
K + m.é./l			0,1	0,04	

FER

Fer Total Fe2O3 %	31,0	67,0	80,0	62,0	
Fer Libre Fe2O3 %	15,0	26,0	44,0	30,0	

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle					
Densité apparente	1,7	1,9	2,0	1,9	
Porosité,					
pF 4,2 %					
pF 3 %					

NOM ETUDE

AUTEUR

CLASSIFICATION

An./n°ét./n°pr./coord.

n° ETUDE

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

sejourne

CI s/G s/G

année mois

n° étude

n° profil

coordonnées

D.R.E.S.
Division des Sols

GRANULOMETRIE

Humidité %							
Argile %	0,5	1,5	1,5	25,0	28,0		
Limons fins %	0,5	1,0	2,5	8,5	6,5		
Limons grossiers %	4,0	5,5	6,5	9,0	8,5		
Sables fins %	32,0	37,5	39,5	29,0	28,5		
Sables grossiers %	61,0	52,0	50,0	27,0	25,0		
Refus 2 mm %							

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %	1,7	0,5	0,3	0,5	0,2		
Carbone %	1,0	0,3	0,2	0,3	0,1		
Azote total %	0,01	0,004	0,004	0,01	0,01		
C/N							
Acides fulviques %							
Acides humiques %							
Mat.Hum. (AF+AH) %	0,9	0,2	0,2	0,3	0,2		
Electro	AH Bruns						
Phorèse	AH Interméd						
	AH Gris						

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %	1	1	0,4	1	0,4		
CaCO3 Actif %							
P205 Total % PPM	220	122,5	97,5	242,5	335		
P205 Assiml. (ppm)	80	30	12,5	0	0		
K20 % Total	0,12	0,12	0,12	3,00	4,58		
Gypse %							

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g	0,03	0	0	1,7	6,1		
Mg ++ m.é./100 g	0,04	0	0	2,2	5,2		
K + m.é./100 g	0,06	0,06	0,1	0,3	0,3		
Na + m.é./100 g	0,09	0,1	0,1	1,7	2,2		
S m.é./100 g							
T m.é./100 g	0,2	0,2	0,2	6,0	13,8		
Na/T %	45	65	70	28,0	16,0		

SOLUTION DU SOL

% Saturation	27,5	25	25	62,5	80		
pH	6,7	7,1	7,4	7,5	6,7		
Conductiv. mmhos/cm	0,7	0,8	0,8	1,6	2,6		
Extrait sec mg/l							
CO3 -- m.é./l							
CO3H -- m.é./l					5,0		
SO4 -- m.é./l					17,6		
Cl -- m.é./l					4,4		
NO3 -- m.é./l							
Ca ++ m.é./l					6,5		
Mg ++ m.é./l					17,5		
Na + m.é./l					5,2		
K + m.é./l					0,02		

FER

Fer Total Fe203 %	5,5	4,0	4,0	37,0	55,0		
Fer Libre Fe203 %	2,0	2,0	2,0	30,0	45,0		

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle							
Densité apparente	pas de motte	pas de motte	pas de motte	1,9	2,1		
Porosité							
pF 4,2 %	2,9	1,9	1,9	19,4	15,3		
pF 3 %							
pF 2,5 %	4,1	4,1	4,9	20,9	30,1		

CLASSIFICATION

CI s/C G s/G

An./n°ét./n°pr./coord.

année mois

n°étude

n°profil

coordonnées

n° ~~ETUDE~~ labo

n° PROFIL

PROFONDEUR cm

COULEUR Y=0 R=1

GRANULOMETRIE

Humidité %

Argile %

Limon fins %

Limon grossiers %

Sables fins %

Sables grossiers %

Refus 2 mm %

MATIERES ORGANIQUES

Matière organique %

Carbone %

Azote total %

C/N

Acides fulviques %

Acides humiques %

Mat.Hum. (AF+AH) %

Electro AH Bruns

Phorèse AH Interméd

AH Gris

RESERVES MINERALES

CaCO3 Total %

CaCO3 Actif %

P205 Total %

P205 Assiml. (ppm)

K20 %

Gypse %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca ++ m.é./100 g

Mg ++ m.é./100 g

K + m.é./100 g

Na + m.é./100 g

S m.é./100 g

T m.é./100 g

Na/T %

SOLUTION DU SOL

% Saturation

pH

Conductiv.mmmhos/cm

Extrait sec mg/l

CO3 -- m.é./l

CO3H - m.é./l

SO4 -- m.é./l

Cl - m.é./l

NO3 - m.é./l

Ca ++ m.é./l

Mg ++ m.é./l

Na + m.é./l

K + m.é./l

FER

Fer Total Fe203 %

Fer Libre Fe203 %

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Densité réelle

Densité apparente

Porosité

pF 4,2 %

pF 3 %

pF 2,8 %

K-Henri log 10 K

ETUDE PEDOLOGIQUE DES SOLS DE LA FERME DE L'OFFICE DE L'ELEVAGE ET DES PATURAGES DE SEDJENANE

CARTE PEDOLOGIQUE

Dressée par E. LABIDI
Septembre 1979

LEGENDE

I. CLASSE DES SOLS PEU EVOLUES

I.1. SOUS CLASSE : NON CLIMATIQUE

I.11. GROUPE : SOLS D'EROSION


I.111. Sous-groupe : Régosolique

 I.1111. Faciès vertique sur argile calcaire

I.12. GROUPE : SOLS D'APPORT ALLUVIAL

I.121. Sous-groupe : modal

 I.1211. Faciès vertique sur argile calcaire


 I.122. Sous-groupe Hydromorphe à pseudo-gley

II. CLASSE DES VERTISOLS

II.1. SOUS CLASSE : DRAINAGE EXTERNE REDUIT


II.11. GROUPE : STRUCTURE ARRONDIE

II.111. Sous-groupe : vertique moyennement accentuée


 II.1111. Sur argile calcaire

II.12. GROUPE : STRUCTURE ANGULEUSE


II.121. Sous-groupe : modal

 II.1211. Sur argile calcaire

II.122. Sous-groupe : Vertique peu accentuée

 II.1221. Sur argile calcaire

II.123. Sous-groupe : Hydromorphe


 II.1231. Sur argile calcaire

III. CLASSE DES SOLS BRUNIFIES

III.1. SOUS CLASSE : CLIMATS TEMPERES HUMIDES


III.11. GROUPE : SOLS BRUNS

III.111. Sous-groupe : bruns modaux

 III.1111. Faciès hydromorphe sur colluvions argilo-gréseuses

 III.1112. Faciès à concrétions de Mn sur alluvions fines


 III.1113. Faciès vertique sur argile calcaire

 III.1114. Faciès vertique sur colluvions argilo-gréseuses

III.112. Sous-groupe : bruns faiblement lessivés

 III.1121. Sur colluvions argilo-gréseuses à concrétions de Mn

 III.1122. Sur sables gréseuses à concrétions de Mn

 III.1123. Sur colluvions argilo-gréseuses à pseudo-gley

III.12. GROUPE : SOLS LESSIVES

III.121. Sous-groupe : bruns lessivés

 III.1211. Sur colluvions argilo-gréseuses à pseudo-gley

III.122. Sous-groupe : lessivés hydromorphes à pseudo-gley


 III.1221. Sur colluvions argilo-gréseuses


IV. CLASSE DES SOLS HYDROMORPHES

IV.1. SOUS CLASSE : PEU HUMIFERES


IV.11. GROUPE : A PSEUDO GLEY


IV.111. Sous-groupe : à pseudo gley de surface

 IV.1111. Sur alluvions fines avec concrétions de Mn en profondeur


 IV.1112. Sur alluvions fines calcaires

 IV.1113. Sur alluvions fines et colluvions gréseuses

 IV.1114. Sur colluvions argilo-gréseuses à concrétions de Mn


 IV.1115. Sur sables gréseuses à concrétions de Mn

IV.112. Sous-groupe : à nappe perchée

 IV.1121. Sur colluvions argilo-gréseuses

IV.12. GROUPE : A AMPHIGLEY


IV.121. Sous-groupe : à nappe perchée

 IV.1211. Sur colluvions argilo-gréseuses

SIGNES COMPLEMENTAIRES


 : Argile calcaire


 : Alluvions

 : Colluvions

 : Sables


 : Hydromorphe

 : Pseudogley

 : Amphigley

 : Concrétion Fe. Mn


 : Vertisolisation


 : Peu accentuée ou vertisolisation moyenne


 : Fortement accentuée ou vertisolisation forte

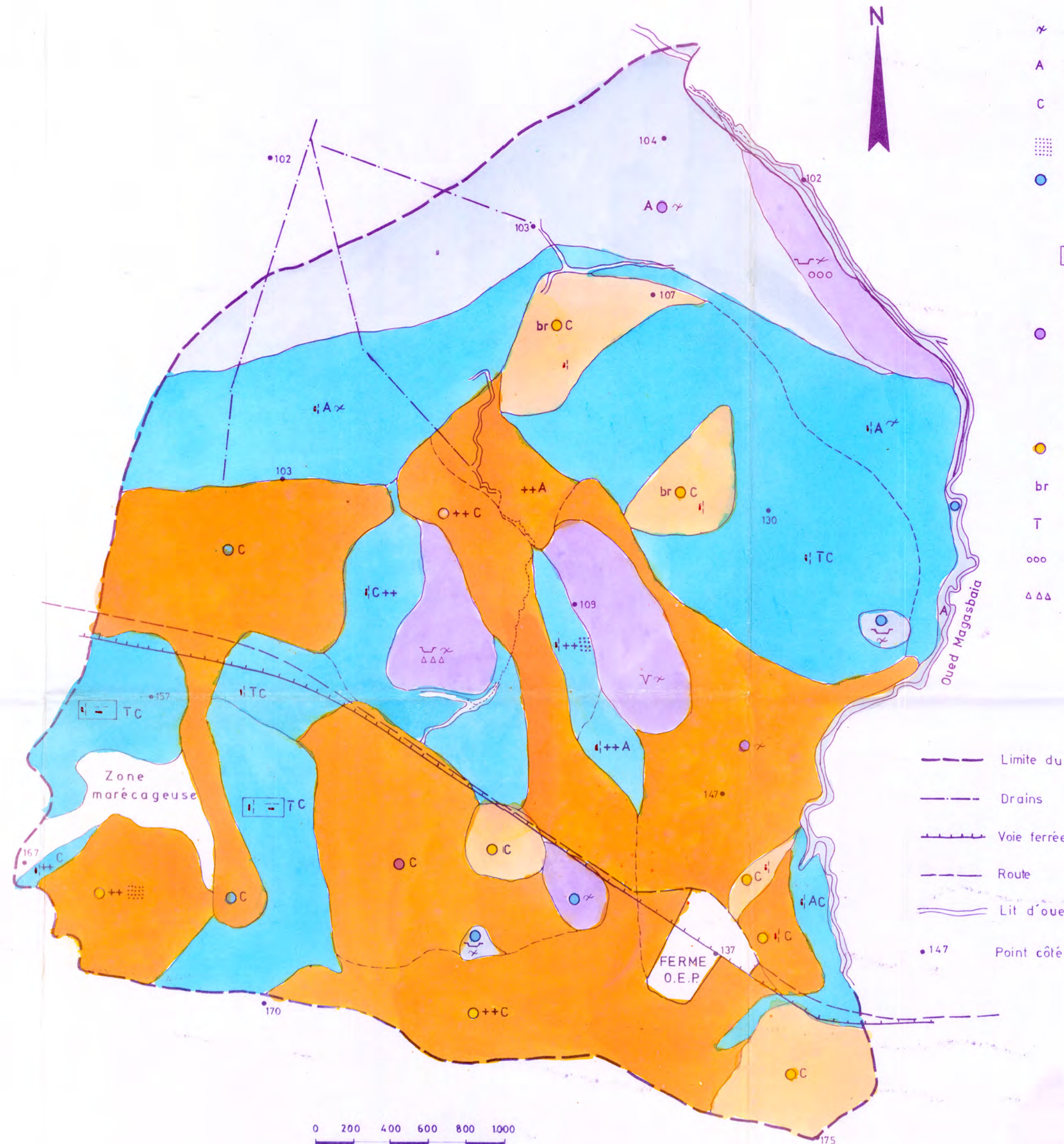
 : Lessivage

 : Brun

 : Nappe perchée

 : Structure arrondie

 : Structure anguleuse



0 200 400 600 800 1000

ECHELLE: 1/20.000

ETUDE PEDOLOGIQUE DES SOLS DE LA FERME DE L' O.E.P. DE SEDJENANE

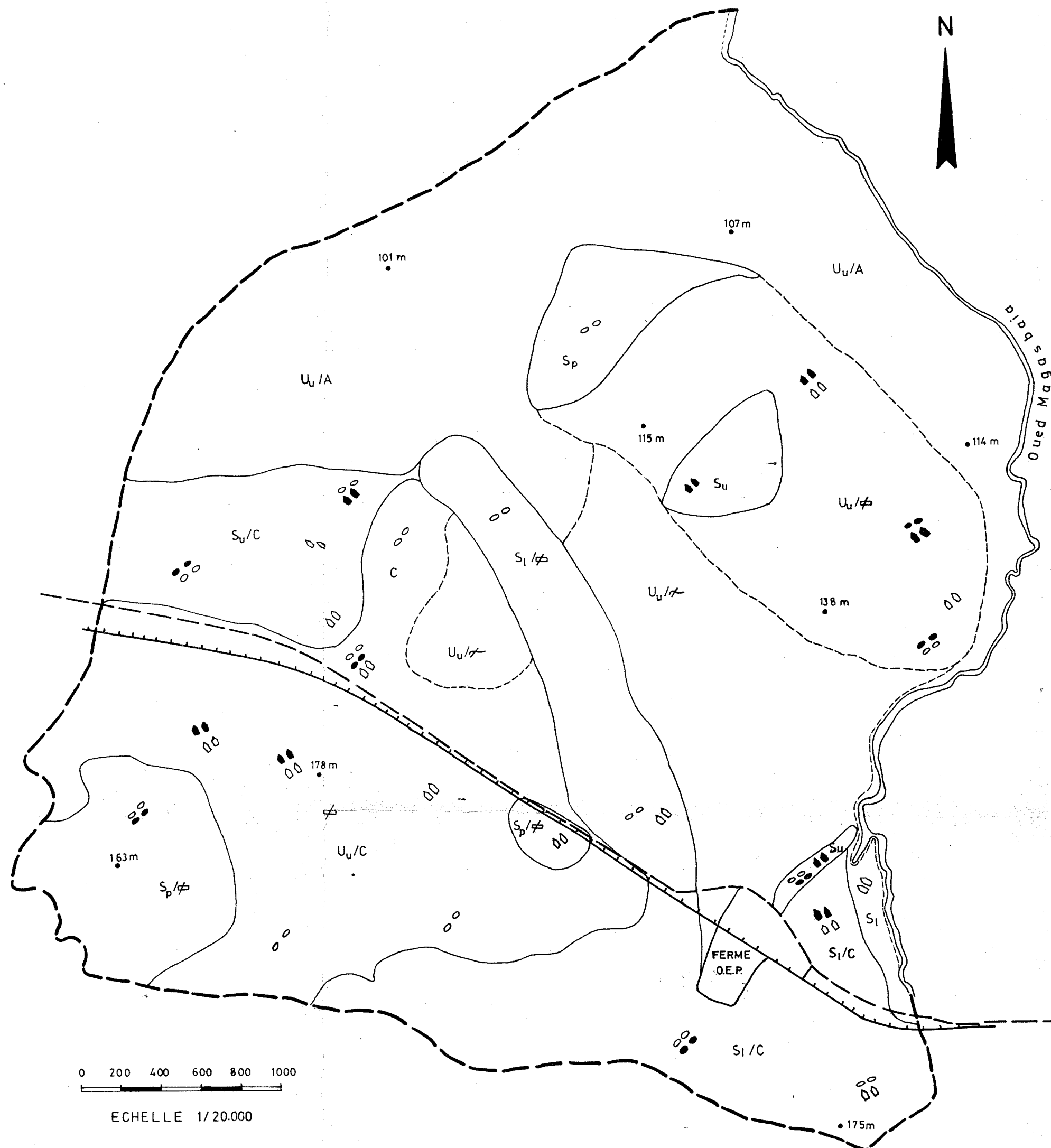
Carte des textures et quelques caractéristiques complémentaires

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L' AGRICULTURE
Institut National Agronomique de Tunis

Dressée par E. LABIDI

Septembre 1979

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER



I TEXTURE

La lettre majuscule indique la texture de surface

La lettre miniscule indique la texture de profondeur

U_u : Argileuse en surface et en profondeur

S : Sableuse en surface

s : Sableuse

l : Argilo sableuse

p : Sablo argileuse

u : Argileuse

II ROCHES

C : Colluvions

A : Alluvions

χ : Argile calcaire et faiblement calcaire

φ : Grès

III INCLUSIONS

•• : Galets en surface

oo : Galets en profondeur

■ : Cailloux et blocs de surface

◻ : Cailloux et blocs de profondeur

--- : Limite du périmètre

—+— : Voie ferrée

— : Routes

•107m : Point côté

0 200 400 600 800 1000

ECHELLE 1/20.000

ETUDE PEDOLOGIQUE DES SOLS DE LA FERME DE L'O.E.P. DE SEDJENANE

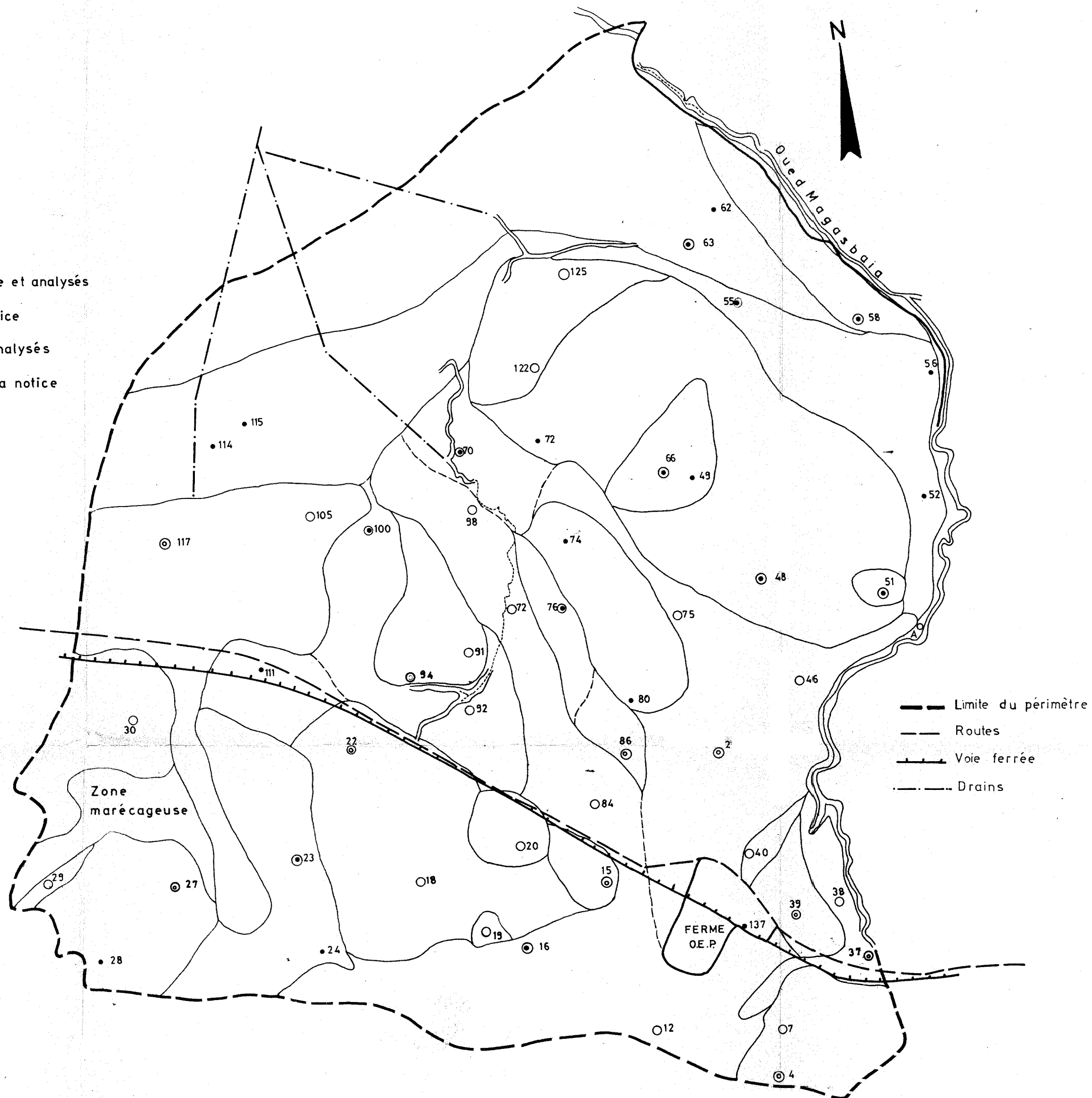
Carte des profils

Dressée par E. LABIDI

Septembre 1979

OFFICE DE LA RECHERCHE
 SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
 OUTRE MER

- ⊙ Profils décrits dans la notice et analysés
- ⊙ Profils décrits dans la notice
- Profils non décrits mais analysés
- Profils non décrits dans la notice



ECHELLE : 1/20.000